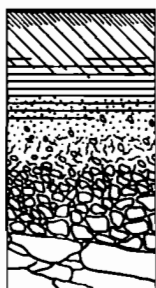


C. MARIUS

**EFFETS DE LA SÉCHERESSE
SUR L'ÉVOLUTION
DES SOLS DE MANGROVES
Casamance - Gambie**



SEPTEMBRE 1976

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

CENTRE O.R.S.T.O.M. DE DAKAR



E R R A T A

page 3 : lire BALINGORE au lieu de BOLINGORE

page 9 : ligne 18 : lire microns au lieu de micons

page 10 : ligne 25 : lire bief au lieu de lief

page 22 : dernière ligne : lire "Dans la CASAMANCE, la salinité était...." au lieu de "Dans la CASAMANCE, était...."

page 28 : ligne 11 : lire "que nous indique la fig. ?" au lieu de "que nous indique la fig."

page 43 : ligne 18 : lire "valeurs supérieures à 7 citées" au lieu de "citez"

page 44 : ligne 19 : lire "extrait aqueux 1/10" au lieu de "extrait aqueux 1/5"

page 48 : 1ère ligne : lire "tant organiques...." au lieu de "étant...."

page 49 : ligne 7 : lire "turbidimétrie" au lieu de "subidimétrie"

" " : ligne 16 : a) - BALINGORE :

page 52 : ligne 7 : lire "seul, le soufre élémentaire est représenté généralement à des teneurs inférieures à 1 %" au lieu de "le soufre élémentaire inférieures à 1 %"

page 52 : dernière ligne : lire "bactéries sulfato-réductrices" au lieu de "bactéries sulfato-réductrice"

page 53 : ligne 25 : lire "dans le tableau ci-dessous" au lieu de "ci-dessus"

" " : ligne 26 : lire "provenant des Rayons X" au lieu de "provenant des rayons"

page 55 : ligne 10 : lire "à celles de la pyrite" au lieu de "à celles de la jarosite"

page 58 : ligne 12 : lire "sont très lentes" au lieu de "sont très lente"

page 60 : ligne 11 : lire : "nous a permis d'utiles comparaisons" au lieu de "nous a permis d'utiles compaisons".

Effets de la sécheresse sur l'évolution
des sols de mangroves -
(CASAMANCE - GAMBIE)

S O M M A I R E

	Pages
Introduction.....	1
1 Le Milieu Naturel.....	3
2 Caractères Morphologiques des Sols.....	12
3 Caractéristiques physico-chimiques des Sols et leur évolution.....	20
4 Conclusions générales.....	60
5 Bibliographie.....	62
6 Annexe : Tableaux de résultats analytiques	

INTRODUCTION

On sait que depuis plusieurs années, la zone sahélienne, en général, et le Sénégal en particulier souffre d'un déficit pluviométrique chronique.

C'est ainsi que les années 1968-1970-1971-1972-1973-1974 ont toutes été des années déficitaires- le maximum de cette sécheresse ayant eu lieu en 1972. En Janvier 1974, avec N. VAN BREMMEN, et en Mai 1974, avec le professeur L.J. PONS, nous avons été surpris au cours de nos tournées en Casamance d'observer un changement important de la végétation des mangrove. En amont de la plupart des affluents de la Casamance (Kamobeul, Bignona, Songrourou..), les Rhizophora avaient tendance à disparaître par suite d'une sursalure des eaux. La séquence de Balingore - sur le marigot de Bignona - qui a été étudiée en détail par J. VIEILLEFON de 1968 à 1971 a été profondément transformée.

Il nous a donc paru intéressant de suivre cette transformation et plus particulièrement l'évolution de la salinité des sols des eaux des rivières et des nappes. En Casamance, 2 sites ont été choisis : la séquence de Balingore et 2 profils à TOBOR. Par ailleurs nous avons profité de nos déplacements en Casamance, pour prélever des échantillons de sols et d'eaux dans la mangrove de GAMBIE au passage du bac de la route transgambienne.

En Casamance, 5 séries de prélèvements ont été effectuées ; dont 3 en 1974 (Mai-Août et Octobre) et 2 en 1975 (Juin et Novembre).

En Gambie, il y a eu 3 séries de prélèvements :

Mai 74 - Juin 75 et Novembre 75.

Les eaux des nappes ont été prélevées dans les trous qui ont servi aux prélèvements des échantillons de sols.

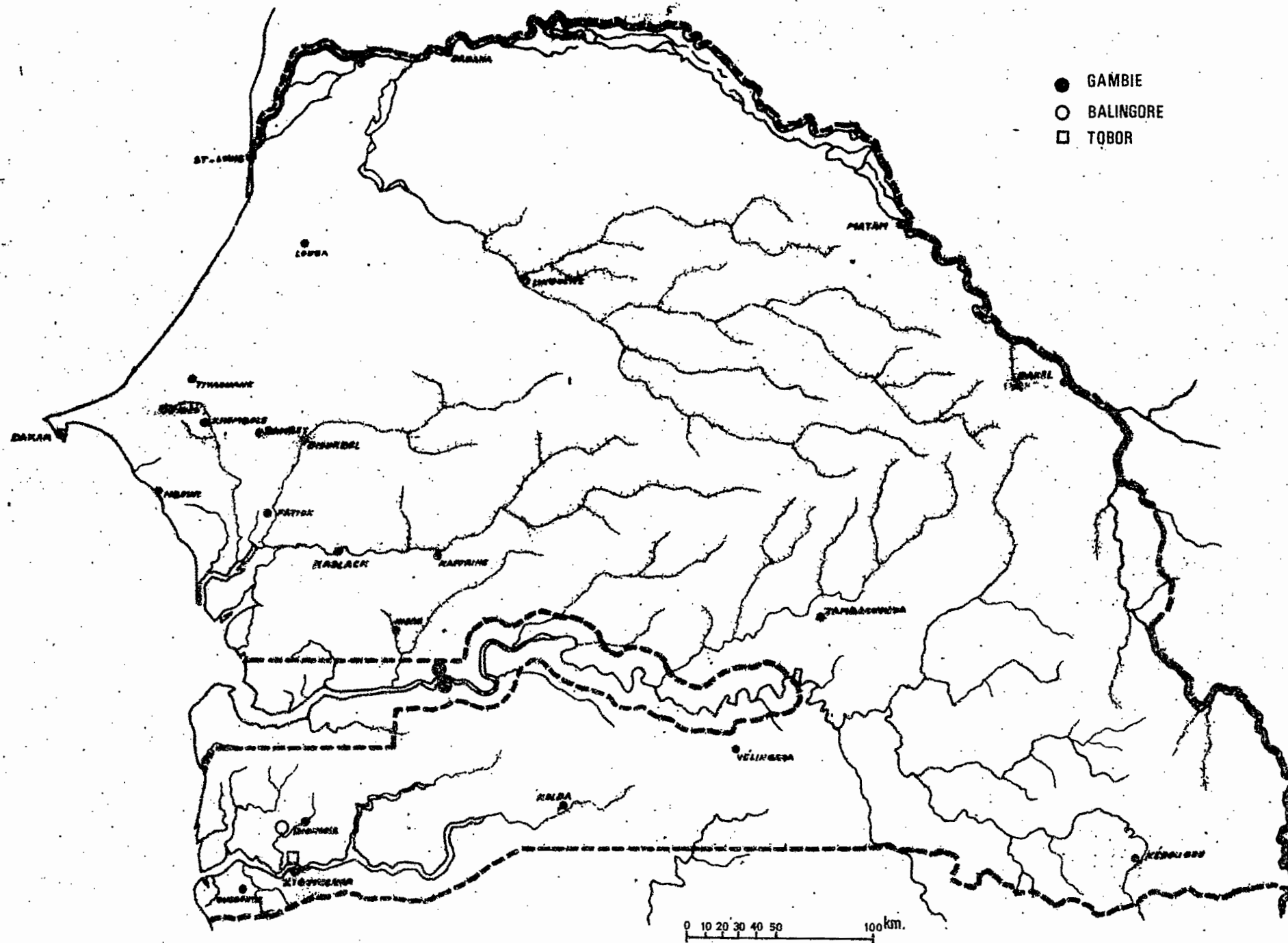
4 séries de prélèvements d'eaux ont été effectuées dans la Casamance, à Ziguinchor dans le marigot de TOBOR, au passage de la digue de TOBOR.

- dans le marigot de Bignona, à Balingore.

- dans la Gambie - au bac.

Ce sont les résultats des observations et des analyses que nous nous proposons d'étudier ici.

Fig : 1



Chapitre 1

LE MILIEU NATUREL

1.1. Situation : (fig. 1)

a) La séquence de BOLINGORE.

Elle est située dans un coude du marigot du Bignona, au sud du village de Balingore (12° 45 lat N - 16° 21' long W) et elle a été choisie par J. VIEILLEFON pour les 3 raisons suivantes :

- existence d'une séquence évolutive présentant les différents stades d'évolution d'un sol de mangrove.
- isolement par rapport aux dépôts sableux et au Continental terminal.
- facilités d'accès en toutes saisons.

b) TOBOR

A hauteur de la ville de Ziguinchor et sur la rive droite de la Casamance s'étend, sur 6 kms environ de longueur, une mangrove relativement jeune. Celle-ci a été aménagée tout récemment par endroits, par l'ILACO, société hollandaise. L'un des points de notre étude (MT1) se situe sur un des casiers aménagés, l'autre (MT2) étant placé dans la mangrove. Les coordonnées sont : 12° 36' N et 16 15' W.

c) GAMBIE

La route DAKAR-ZIGUINCHOR traverse la Gambie dans une zone de mangroves, à 13°28' de lat. N et 15°34' de longitude W; 2 points y ont été choisis, l'un sous mangrove à Rhizophora défrichée et cultivée en riz, côté DAKAR - l'autre sous mangrove à Avicennia défrichée, côté ZIGUINCHOR.

1.2. Climat

Pour étudier le climat, nous avons choisi 3 stations qui sont du Sud au Nord :

- ZIGUINCHOR - situé à proximité de TOBOR
- BIGNONA - situé à une vingtaine de km au Nord de Balingore
- NIORO DU RIP - situé à une trentaine de km au Nord du bac de la Gambie:

a) ZIGUINCHOR et BIGNONA - en Basse Casamance, appartiennent au climat subguinéen maritime, défini par une pluviométrie supérieure à 1500 mm par an, une température moyenne maximale de 30° et un degré hygrométrique élevé en saison des pluies.

En fait, si ZIGUINCHOR a une pluviométrie annuelle légèrement supérieure à 1500 mm BIGNONA est situé entre les isohyètes 1300 et 1400 mm.

En principe, la saison des pluies va de Mai à Novembre, avec un maximum en Août et Septembre. En réalité, la saison sèche est très souvent plus longue que la saison des pluies et s'étale sur 7 mois (Novembre à Mai)

b) NIORO DU RIP: avec une pluviométrie annuelle comprise entre 900 mm et 1067 mm et Mansa Konko (à quelques km au Sud du bac) avec une pluviométrie de 1067 mm appartiennent au climat soudanien, caractérisé par des courbes de température moyenne maximale présentant 2 points élevés en Avril-Mai et en Octobre-Novembre.

Les pluies vont de Juin à Octobre.

Mois Station	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Total
Ziguinchor 1931-1960	10.8	125.1	362.4	532.4	361	146	8.1	0.9	1547
Bignona 1953-1965	10.6	118.6	320	453.5	315.2	132.9	22.7		1364
Nioro du Rip 1931-1960	10.	79.6	185.6	354.9	221.2	72.5	1.5	1.6	926.9
Mansa Konko 10 ans		135	236	379.7	259.3	57.6			1067.6

c) La sécheresse : (fig. 3)

Nous l'avons dit, en introduction, ces dernières années et plus particulièrement, la demi-décade 1970-1974 a été fortement déficitaire du point de vue pluviométrique. Sur le tableau et la fig. 3 nous avons porté les précipitations pour 1972-73-74 et 75.

On constate que 1972-73 et 74 ont été des années déficitaires, comme l'avaient été aussi 1971 et à un degré moindre 1970.

Dans tous les cas, on observe une contraction de la durée de la saison des pluies: les précipitations se sont en effet concentrées pendant 3 mois : Juillet-Août et Septembre et Juin et Octobre ont été généralement des mois écologiquement secs.

On ajoutera aussi que même en 1975 où la pluviométrie a été enfin, normale, les pluies n'ont démarré qu'en Juillet et que Juin a été un mois sec.

Il est bien évident que neuf mois secs sur douze pendant 5 années consécutives ont eu pour conséquence de modifier l'équilibre écologique des mangroves et d'exacerber certaines des caractéristiques de ces sols dont la salinité et l'acidité.

Nioro du Rip

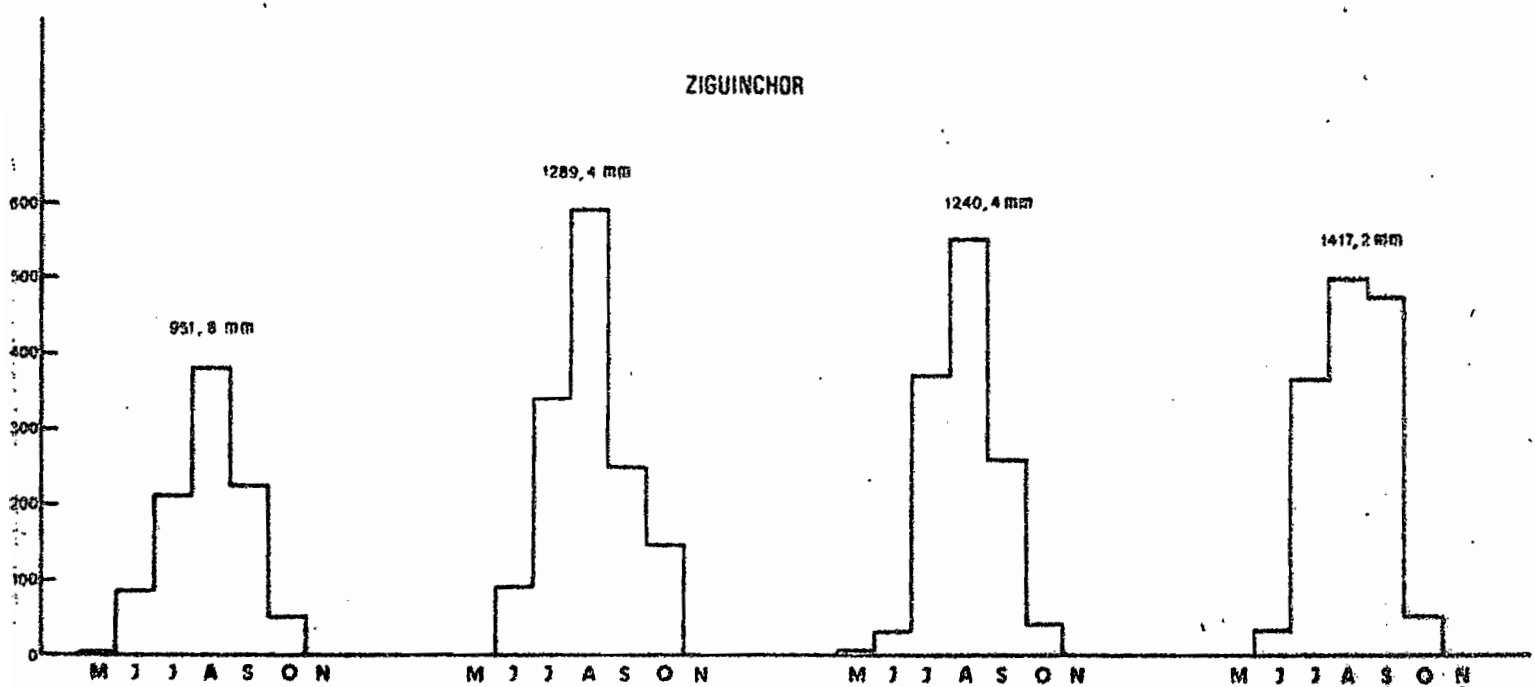
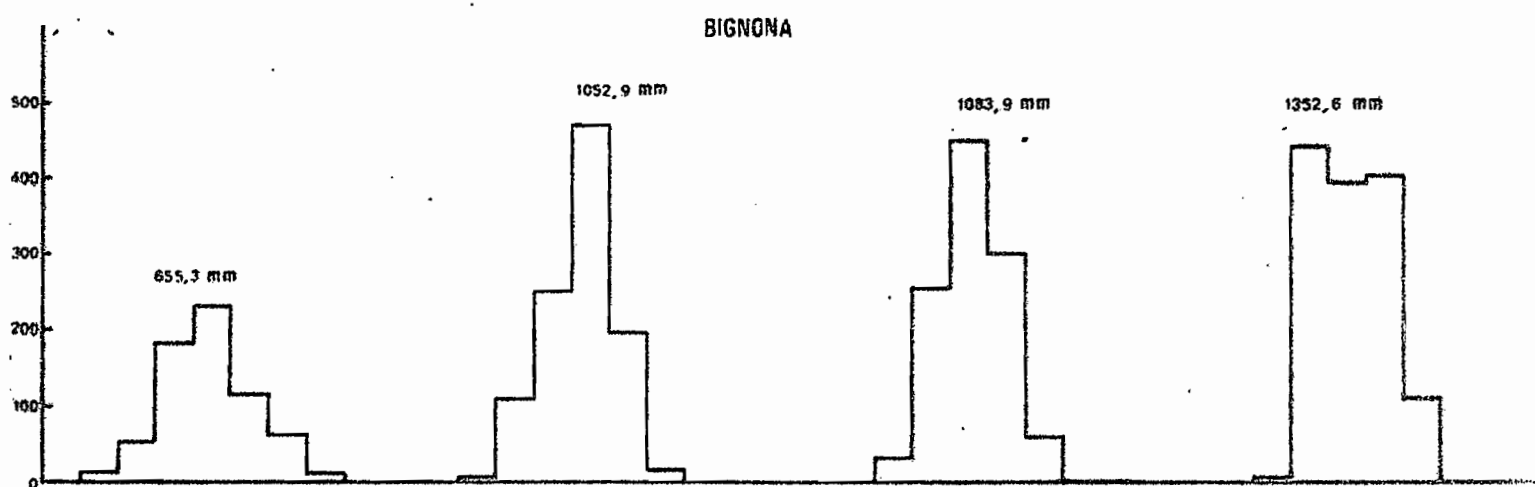
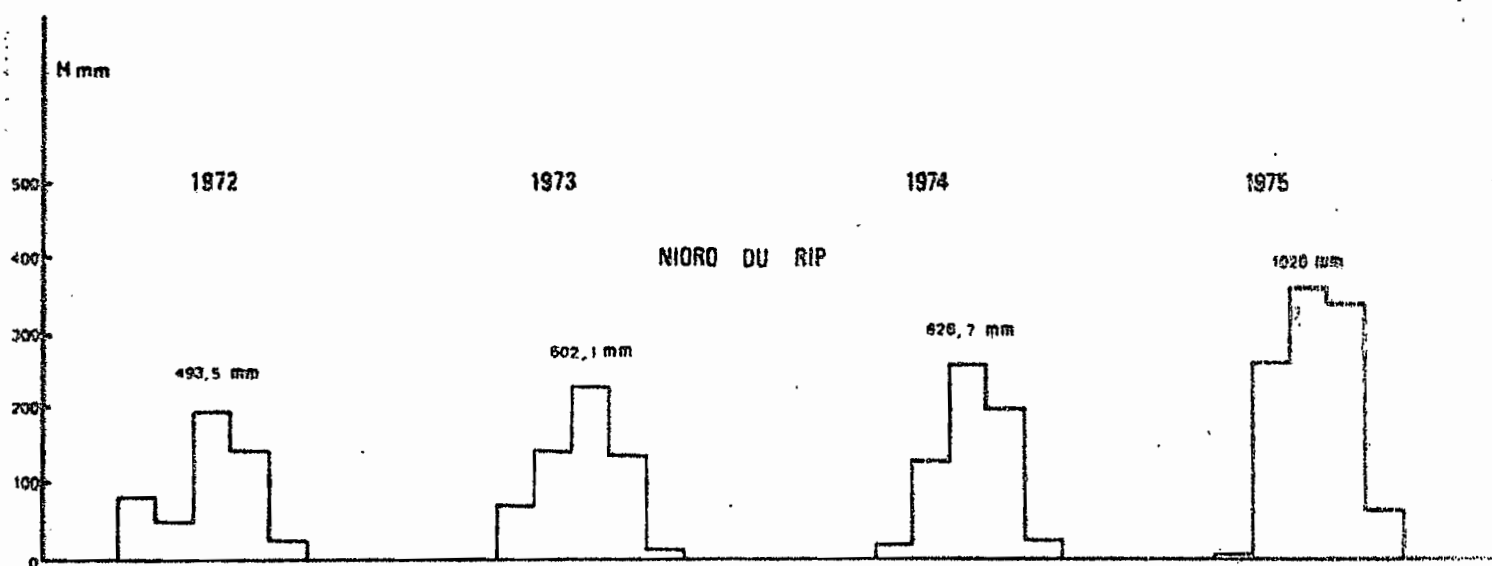
	1972		1973		1974		1975	
	Nb de jours	H.mm	Nb de jours	H.mm	Nb de jours	H.mm	Nb de jours	H.mm
Mai								
Juin	6	80.4	4	74.2	2	19.5	1	2.1
Juillet	4	49.4	11	145.7	13	130.4	18	259.9
Août	13	194.3	16	231.8	18	262.8	17	360.4
Sept.	9	144.7	8	135.6	13	190.3	17	340.7
Oct.	5	24.7	2	14.8	3	25.7	5	64.9
Nov.								
Total	37	493.5	41	602.1	49	628.7	58	1028
Mai	1	7.7	1	4.8				
Juin	4	53.0	8	112.4	6	32.7	2	1.9
Juillet	12	184	16	249.5	19	252.8	24	441
Août	16	228.3	26	471	20	447.9	16	394.9
Sept.	13	116.6	11	199.4	17	290.9	25	406.8
Oct.	7	62.1	4	15.8	5	59.6	9	108
Nov.	1	3.6						
Total	54	655.3	66	1052.9	67	1083.9	76	1352.6
Mai	1	0.5			2	1.1		
Juin	8	84.4	10	89	7	29.7	6	33.3
Juillet	13	213.3	16	308.5	21	374.2	27	364.3
Août	17	378.6	25	588.4	22	546.5	23	497.5
Sept.	16	226.4	17	255.1	20	258	23	471.3
Oct.	10	48.6	4	148.4	6	30.9	8	50.8
Nov.								
Total	65	951.8	72	1289.4	78	1240.4	87	1417.20

Bignona

Ziguinchor

PLUVIOMÉTRIE

Fig. 3



1.3. Végétation

a) BALINGORE :

Jusqu'en 1972, la séquence étudiée par VIEILLEFON se présentait de la manière suivante : (fig. 2)

- *Rhizophora racemosa*
- *Rhizophora mangle*
- *Rhizophora mangle* + *Paspalum vaginatum*
- *Avicennia* + *scirpuslittoralis*
- *Avicennia* + *sesuvium portulacastrum*
- Tanne vif
- Tanne herbacé à *heleocharis*
- lunette.

A présent, la séquence est la suivante :

- les *Rhizophoras* ont, pour la plupart, disparu et particulièrement *Rh. racemosa* - faisant place à un tapis herbacé de *Paspalum*, *Sesuvium* et même, par endroits : *Heleocharis mutata*.

- De même, tous les *Avicennias* ont disparu - sauf un qui témoigne de leur existence passée - et ne subsistent plus que les *Sesuvium*.

- Quant au Tanne herbacé il s'est transformé en un tanne vif recouvert de la paille d'*Heleocharis*.

b) TOBOR

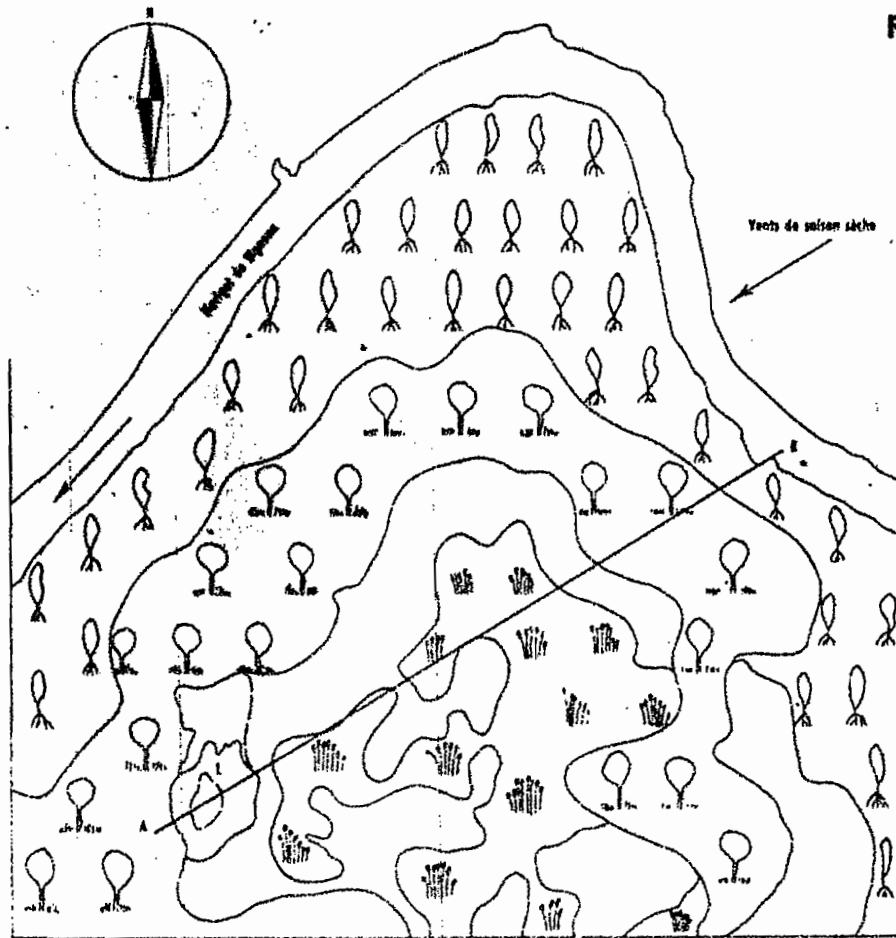
Du village de TOBOR, jusqu'à l'accès du bac de Ziguinchor la route nationale traverse sur environ 8 kms une vaste zone de mangroves où sont essentiellement représentés :

Rhizophora mangle et *Avicennia nitida*. Par places, cette mangrove a été défrichée, soit par les paysans, soit par une société hollandaise l'ILACO, pour être aménagée en rizières.

c) GAMBIE

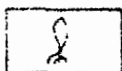
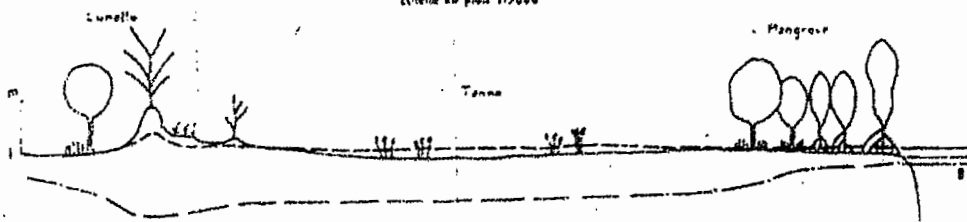
A hauteur du bac de la route transgambienne, la Gambie est bordée de part et d'autre d'une zone de mangroves. La rive droite était entièrement occupée par *Rhizophora mangle* qui a été défrichée pour être cultivée en riz. Sur la rive gauche, en revanche, on observe - en allant du fleuve au Continental terminal - toute la séquence classique : *Rhizophora racemosa* - *Rh. mangle* - *Avicennia nitida* + *Sesuvium* - Tanne herbacé - Tanne vif - Terrasse nouakchottienne - Continental terminal - Par endroits, les paysans ont défriché la mangrove à *Avicennia* pour y pratiquer la riziculture :

Fig: 2

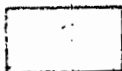


EXTRAIT de J. VIEILLEEN - Science du SOL - 1968. N° 2

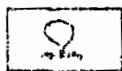
Echelle au plan 1:5000



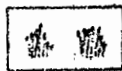
Mangrove à Rhizophora



Tanne vif



Mangrove à Avicennia



Tanne à Rhizophora

La "Lunette"

----- Niveau maximum de la nappe (Juillet-Octobre)

_____ Niveau minimum de la nappe (Mars-Avril)

1.4. Géomorphologie - Géologie

a) Basse Casamance :

Nous nous refererons à J.VIEILLEFON : Notice explicative de la carte de la Basse Casamance.

Les formations superficielles alluviales se répartissent en plusieurs ensembles:

- ensemble de cordons littoraux, parfois modelés en dunes vives, comme à Diembering, parfois arasés comme à la pointe Ste Georges.
- ensemble des terrasses sableux, en 3 niveaux principaux :
- terrasse supérieure (6-8m) ourlant généralement les plateaux du Continental terminal.
- terrasse de 4 m, adossée à la précédente:
- terrasse de 2 m, fragmentée.
- ensemble des basses terrasses sableuses ou argileuses dont l'altitude varie de 0,5 à 1 m au dessus du niveau moyen.
- ensemble des vasières à mangroves et des tannes.

Le bassin versant de la Casamance étant constitué par les seules formations du Continental terminal, les dépôts des vasières sont constitués de sédiments à granulométrie généralement fine avec 60 à 70 % de particules inférieures à 2 microns dans lesquels la kaolinite est le minéral dominant.

c) GAMBIE :

De Georgetown, à l'embouchure, soit sur près de 200 kms, la vallée de la Gambie est plate, la transgression du Nouakchottien s'étant avancée jusque dans ce secteur pour former un golfe étroit et allongé. Des vases se sont déposées au fond de ce golfe.

On notera cependant, que par rapport aux autres estuaires et deltas du Sénégal et même de la côte atlantique, l'estuaire de la Gambie se caractérise par la très faible extension des zones de mangroves. Cela est dû au fait que, d'une part, la vallée de la Gambie est très entaillée, d'autre part, que dans sa partie inférieure, il y a très peu d'affluents. En effet, de Banjul à Goulombo, soit sur près de 300 kms, on ne compte qu'un seul petit affluent : le Bintang Bolon.

Un sondage effectué par le BCEOM en 1972 pour l'étude du pont sur la Gambie a montré la coupe suivante : - à hauteur du bac.

1) Argile molle organique : jusqu'à 20 m, de couleur gris bleu, plus ou moins fétide à lentilles d'argile très molle et débris végétaux devenant sableuse à la base.

passage de -20 à -22 m à une argile sableuse de couleur jaune-verdâtre
gravier lateritique de 40 cm à la base

2) Série sableuse "supérieure" :

de -22,40 à -39 m : série de sable roux argileux comportant des intercalations
argilo-sableuses de 27,50 à 29 m et de 32,50 à 33 m et gravillonnaires latéritique
(entre 35,50 et 36 m)

3) Argile bariolée plus ou moins sableuse compacte (-39,50 à 44 m)

4) Série sableuse "moyenne" de 20 m d'épaisseur constituée d'un sable jaune clair,
fin à très fin, à passés de galets grés-argileux.

5) Argile plastique vert foncé entre 64 et 65 m

6) Série sableuse "inférieure" de 25 m d'épaisseur. (-65 à -90) constitue essen-
tiellement de sables gris foncés liguteux à lentilles argileuses molles, noires plus
ou moins fétides.

Le bed-rock a été recoupé à -90 m. Il est constitué d'une argile consistante de
couleur vert bronze. Le sondage a été arrêté à -122 m sur une argile verte dure à mo-
dules marneux et grains calcaires, rapportée à l'Eocène.

L'ensemble des formations constitue le remplissage quaternaire de l'entaille de
la Gambie.

1.5. Hydrologie :

L'alimentation en eau de la zone alluviale des 2 fleuves Casamance et Gambie ré-
sulte du mélange des eaux douces apportées par les fleuves et leurs affluents avec les eaux
sales apportées par les marées. La salinisation des sols est liée à l'existence de ces
apports d'eau salée d'origine marine.

a) CASAMANCE

Le lief maritime de la Casamance s'étend sur environ 200 kms. L'amplitude de la
marée journalière passe d'une moyenne de 102 cm à l'embouchure, à 52 cm à Ziguinchor
où la différence entre marées de vives eaux et de mortes eaux atteint une trentaine
de centimètres.

La salinité est très variable en fonction de la saison, comme nous le verrons plus
loin. Elle est par ailleurs, plus élevée au fond qu'en surface, et à marée haute qu'à
marée basse.

b) GAMBIE

L'amplitude de la marée varie entre 2 m à Banjul et 0,60 m. Cette dernière hauteur

de marée se maintient dans l'estuaire jusqu'à Kuntaur à plus de 230 kms de la mer et s'atténue ensuite progressivement vers l'amont. A l'étiage, elle se manifeste encore au pont de Goulombo où son amplitude peut atteindre 0,30 m.

Dans la boucle de Farafeni- c'est à dire, au niveau du bac- les variations de niveaux sont de deux ordres :

- variations journalières dues à l'effet de la marée de 1,50 m d'amplitude maximale
- variations saisonnières se surimposant aux précédentes de l'ordre de 0,30 m

La salinité sera étudiée plus loin.

Chapitre II

CARACTERES MORPHOLOGIQUES DES SOLS

2.1. Morphologie des profils étudiés : Macromorphologie

a) BALINGORE. Dans la séquence de J. VIEILLEFON, nous avons repris 4 profils :

- MV1 : sous ancienne mangrove à *Rhizophora mangle*
- MV2 : sous ancienne mangrove à *Avicennia* et *Sesuvium*
- MV3 : sous tanne vif
- MV4 : sous ancien tanne herbacé.

Les descriptions détaillées de ces profils peuvent être trouvées dans la thèse de VIEILLEFON et nous ne citerons ici que les principales variations pédologiques en partant du profil sous mangrove, telles qu'elles ont été décrites par VIEILLEFON

MV1 : correspond au profil I de VIEILLEFON.

La surface du sol est plane, légèrement bosselée aux abords des trous de crabes, parsemée de coquilles coniques de *Tympanotonus fuscatus* de petite taille. La submersion par la marée y atteint au maximum 15 à 20 cm. Le profil est très peu différencié, la couleur est uniformément gris bleu (N4 à 5Y⁴/1 du code Munsell), seulement marquée, par places, de larges tâches brunes 10YR⁴/1 où les amas fibreux de radicelles de *Rhizophora* sont particulièrement denses. La structure spongieuse et fibreuse, cohérente et plastique se prolonge jusqu'à plus de 2 m de profondeur :

MV2 : correspond au profil IV de VIEILLEFON. Il n'y subsiste plus qu'un seul *Avicennia*. Cette zone forme limite avec le tanne et se situe à une altitude légèrement plus élevée que les zones voisines. La submersion y est donc de moindre durée et en 1974 comme en 1975, cette zone n'a jamais été inondée. La description du profil a été faite en Janvier 1974 avec N. VAN BREMMEN.

En surface, croûte salée.

- 0 -10 cm: 5YK4/6, argileux, structure subangulaire très fine, humide, plastique, légèrement collant, nombreuses fines racines
- 10-25 : 5Y4/5, nombreuses tâches larges, distincts 5YR5/6, nombreuses fines racines
- 25-45 : nombreuses fines racines, quelques grosses racines partiellement décomposées consistance semi développée collant, légèrement plastique, pas de tâches
- 45-55 : 10YR⁴/1, argileux, nombreuses tâches, larges diffuses 10YR⁴/2, légèrement fibreux, structure massive, consistance moins développée que l'horizon précédent.
- 55-70 : 10YR⁴/1, argileux, fibreux (30 %), n = 1,5 pas de tâches.

70-90 : 10YR3,5/1, très fibreux : (40-50 %), n = 1,5

90-110 : 5Y4,5 - très fibreux.

Nappe à 49 cm.

MV3 : sous tanne vif, correspond au profil V de VIEILLEFON. La description qui suit a été faite en Janvier 1974 avec N. VAN BREMMEN.

Croûte salée en surface de 1 cm d'épaisseur

0-4 cm : 5YR4/6 à 10Y4/1- argileux à nombreuses tâches jaunes de jarosite, sous forme de revêtements sur les faces des agrégats, de couleur 5YR4/6 riche en racines.

4-20 cm : 10YR4/1, argileux, à marbrures 2,5Y7/6 de jarosite le long des gaines racinaires, quelques débris racinaires

20-40 cm : 10YR4/1, argileux, tâches jaunes 2,5Y7/4.

40-66 cm : mélange de 10YR3,5/2 et 10Y4/1, argileux à nombreuses tâches 10YR8/2 de racines silicifiées. et tâches de jarosite associées aux racines.

66 et plus : gris foncé, réduit, fibreux.

Nappe à 47 cm.

On notera que l'horizon riche en racines silicifiées a été aussi observé, sous tanne, en Février 1974 par J. BODHISANE au cours de son étude d'une séquence de sols plus évolués, dans le prolongement de la séquence de VIEILLEFON, sur la rive gauche du marigot de Bignona. En Novembre 75, au cours de nos prélèvements périodiques, les cristallisations de silice au niveau des racines étaient particulièrement abondantes entre 40 et 60 cm, dans le profil MV3.

MV4 : sous ancien tanne herbacé, correspond au profil VI de VIEILLEFON. La description qui suit a été faite en Janvier 74 avec N. VAN BREMMEN.

0-2 cm : croûte salée rougeâtre 5YR5/8, structure poudreuse.

2-7 cm : 2,5Y4/3, argileux, structure subangulaire cubique moyenne à fine, consistance dure.

7-21 cm : 10YR4/1, argileux, nombreux minces (1mm) et larges revêtements de couleur 10YR4/4 sur les faces des agrégats et le long des gaines racinaires quelques rares tâches 2,5Y de jarosite associées à ces revêtements, consistance plastique, pas de racines.

21-36 cm : 10YR4/1, argileux, nombreuses racines verticales, tâches de jarosite 2,5Y7/4 communes, sous forme de revêtements racinaires, consistance n = 1,2

36-57 cm : N4/1, nombreuses tâches de jarosite 2,5Y7/4, le long des gaines racinaires, revêtements rouges 5YR5/8 d'oxydes de fer sur les gaines racinaires, nombreuses tâches 10YR4/4 entourant les gaines racinaires.

57-75 cm : N4/1 à 2/1, argileux, légèrement fibreux, tâches jaunes 5Y5/1 autour des racines

avec matériau légèrement induré 10YR4/4.

75 - 88 : N3/0, argileux, consistant, légèrement fibreux. Dans cette zone, J. VIELLEFON signale qu'en saison des pluies la lame d'eau atteint 15 à 20 cm d'épaisseur et qu'elle stagne plusieurs mois. En Janvier 74 la nappe était à plus de 50 cm de la surface et même en Août et Octobre 74, cette zone était humide mais non inondée.

b) TOBOR : Le profil MT1 a été prélevé sous une rizière aménagée très récemment (1971) sur défriche d'Avicennia et abandonnée pour des raisons que nous verrons plus loin. Le profil est le suivant (Mai 74) : En surface, couche épaisse salée (sulfate d'Aluminium) poudreuse.

0-7 cm : 10YR4/1 argileux, revêtements d'oxydes ferriques 7,5YR4/4 sur les agrégats, très peu de racines, développée, légèrement collant, plastique.

7-22 cm : 10YR4/1, argileux, nombreux revêtements d'oxydes ferriques 5YR4/4-2,5YR3/4 larges et diffus, peu de racines, semi-développé, très collant, légèrement plastique.

22-29 cm : N2,5/0, argileux, sans taches (très peu de jarosite) riche en matière organique, débris de plantes.

29-44 cm : N3/0, argileux, nombreuses racines verticales dont les gaines sont revêtues de larges taches de jarosite 2,5Y8/4 et d'oxydes de fer 10YR5/6, semi-développée, très collant, légèrement plastique.

44-90 cm : argileux, la jarosite associée aux débris de racines, diminue progressivement en profondeur, complètement réduit en profondeur, nombreuses racines, fibreux.

MT2 : Ce profil a été observé et prélevé, à titre de comparaison, sur le côté gauche de la digue TOBOR-ZIGUINCHOR, sous une mangrove à Rhizophora mangle.

La surface du sol est parsemée de coquilles de Tympanotonus fuscatus.

Le profil est uniformément gris-bleuté N4 à GB4/1 du code MUNSELL, marqué, par places, de larges taches brunes 10YR4/4 où les amas fibreux sont particulièrement denses dans les 50 cm superficiels.

La structure est spongieuse et fibreuse.

Cohérente et plastique sur l'ensemble du profil forte odeur d'H₂S.

c) GAMBIE :

MG1 : est un profil sous rizière sur défriche de Rhizophora mangle sur la rive Nord de la Gambie. Il est peu évolué, uniformément gris 10YR4/1, très fibreux, nombreuses grosses racines, et dégageant une forte odeur d'H₂S.

MG2 : est situé sur la rive Sud de la Gambie, sous rizière sur défriche

récente d'Avicennia.

0-12 cm : gris brun , argileux, structuré, consistance peu développée, humifère, racine de riz.

12-40 cm : gris brun à gris bleu-verdâtre, argileux, consistance semi-développé -tourbeux nombreuses racines de Rhizophora.

40-100 cm : horizon gris foncé, totalement réduit, argileux, consistance non développé riche en matière organique.

2.2. Observations micromorphologiques

En Mai 1974, au cours d'une tournée effectuée dans les estuaires du Sénégal, nous avons prélevé avec le professeur J. PONS des échantillons pour analyses micro morphologiques. Ces échantillons ont été traités à WAGENINGEN (imprégnation et fabrication des lames). Sur certains des échantillons, ce sont des lames - mammouth qui ont été fabriquées et pour d'autres, des lames ordinaires. A notre passage à WAGENINGEN, en Octobre 1975, nous avons observé ces lames avec SLAGER et JONGMANS, et l'analyse détaillée de toutes les lames a été effectuée par H.A KRUL. On retiendra en particulier que les prélèvements ont été effectués en Mai 74, c'est à dire à la fin de la saison sèche succédant à deux années de pluviométrie fortement déficitaires pour comprendre la présence quasi-générale du gypse de la Casamance au Delta du Sénégal, en passant par la Gambie et l'estuaire du Saloum.

a) BALINGORE:

Des échantillons avaient été prélevés dans la séquence de VIEILLEFON et dans la séquence de S. BODHISANE.

MV1 : sous Rhizophora - 2 échantillons (0-12 et 70-75 cm)

Le plasma est constitué de minéraux argileux et de matière organique. Les grains du squelette sont formés de quartz dont la taille varie de 20 à 100 μ dans l'échantillon de profondeur et de 20 à 250 μ dans l'échantillon de surface.

La pyrite est abondante dans le profil soit sous forme de cristaux intercalaires (framboises) répartis dans la masse, soit sous forme de bouquets de framboises associés à la matière organique.

Le gypse est présent comme cristaux intercalaires, sous forme d'étoiles d'aiguilles.

On observe aussi de la matière organique des tests de diatomées et dans l'échantillon de surface quelques rares pelotes fécales d'environ 150 μ , réparties sous forme de bouquets :

A titre de comparaison, nous citons l'observation micromorphologique de J. VIEILLEFON sur un échantillon de surface (0-23 cm).

Nature organique évidente, les éléments argileux ne font que remplir les vides entre les fibres. La cristallisation de l'eau, lors de la lyophilisation a finement divisé la matrice. Les amas de pyrite sont nets et les grains de quartz sont tous plus ou moins corrodés. Nombreux tests de diatomées.

MV3 : sous tanne vif : 3 échantillons ont été prélevés :

75199 : 35-40 cm

75200 : 50-55 cm

75201 : 115-120 cm

Le plasma est formé d'éléments argileux et le squelette de grains de quartz de taille 20-100 μ , distribués sous forme de bouquets. Dans l'échantillon 75200, il y a peu de quartz.

La pyrite est abondante dans les échantillons 75200 et 75201 mais sa répartition et ses formes ne sont pas les mêmes dans les 2 échantillons.

Dans l'échantillon 75200 (50-55 cm), la pyrite est soit sous forme de bouquets de framboises de taille supérieure à 300 μ , généralement associée à la matière organique soit, sous forme de cristaux angulaires dans les framboises soit sous forme de noyaux de petites framboises, soit enfin, dans les cellules de racines sous forme de "nuages" de très petites framboises.

Dans l'échantillon 75200 (115-120), par contre, la pyrite est soit, sous forme de cristaux individuels de petites framboises (de l'ordre de 15 μ) dans la masse, soit sous forme de bouquets ou de chaînes de framboises de taille plus grande (30-80 μ) associés à la matière organique.

La jarosite : ne s'observe que dans l'échantillon 75199 sous forme de modules jarositiques, de néo et de quasijarositans à limite extérieure diffuse, sous forme encore de matériau microcristallin dans les canaux des racines.

Les composés ferriques ne se trouvent qu'en petites quantités dans l'échantillon 75199 sous forme de néoferrite le long des canaux remplis de jarosite.

Les diatomées sont présentes dans les 3 échantillons leur taille est supérieure à 50 μ et il en a de toutes sortes.

La matière organique est présente dans les 3 échantillons, associée aux débris des racines.

Le gypse est présent dans les 3 échantillons sous forme d'étoiles de cristaux et de cristaux cubiques de taille 50-200 μ .

MV4 : 2 échantillons ont été prélevés : la couche superficielle 2-0 cm et l'horizon 0-3 cm.

Dans la couche superficielle on note l'abondance de pyrite, de matière organique et de tests de diatomées.

La pyrite se présente sous ses différentes formes : framboises, bouquets de framboises, cristaux individuels souvent associée à la matière organique.

Plusieurs types de diatomées, sont représentés, de taille supérieure à 50 μ .

Dans la transition entre la couche 2-0 et la couche 0-3 cm, le gypse est abondant-associé à de la halite, cubique- sa taille est de l'ordre de 150 μ .

Dans l'horizon 0-3 cm, le gypse est encore abondant sous forme de cristaux intercalaires de taille supérieure à 200 μ - la jarosite est présente associée à des oxydes de fer.

On remarquera ici que la couche superficielle est riche en pyrite alors que la couche inférieure est riche en jarosite. Il y a en très certainement apport de sédiments de la mangrove environnante par les grandes marées.

Des échantillons ont aussi été prélevés dans la séquence de BODHISANE, située dans le prolongement de la séquence de VIEILLEFON.

B B 6: sous un tanne à Héleocharis, un échantillon a été prélevé à 40-55 cm dans un horizon riche en racines silicifiées.

La jarosite y est abondante, sous forme de neojarosite, 50-200 μ , à limite diffuse, sous forme de cristaux bien individualisés associés à du fer amorphe, de taille 500 μ à 1 cm de diamètre sous forme encore de quasijarositans, de 500 μ , à limite extérieure diffuse.

Les composés ferriques sont présents, mais en quantités moindres que la jarosite- sous forme de neoferrans, 400-600 μ , à limite extérieure diffuse et associés à la jarosite.

Les racines silicifiées se trouvent dans la partie inférieure de l'échantillon - la halite est abondante sous forme de cristaux cubiques.

Les tests de diatomées, de différentes sortes sont abondantes, ainsi que des pelotes fécales de 200 à 500 μ de diamètre, distribuées sous forme de bouquets à la partie supérieure de l'échantillon.

B B 7; sous tanne vif, prélèvements ont été effectués dans un sol sulfaté acide caractéristique, aux profondeurs ci-après : 0-5 cm, 10-25 cm, 40-55 cm, 90-95 cm.

La pyrite n'est présente que dans l'horizon 90-95 cm sous forme de framboises, de nuages de petits cristaux framboïdales, et quelques très grands bouquets de framboises (20-100 μ)

La jarosite est présente dans les 3 horizons supérieurs et abondante à 10-25 cm. Elle est sous formesoit de nodules jarositiques parfois mélangés à du fer amorphe, soit de neo et quasijarositans, soit de jarositans (dans les échantillons 10-25 cm et 40-55) de taille supérieure à 150 μ

Les composés ferriques sont surtout présents dans l'échantillon 40-55 cm soit sous forme de neoferrans, quelquefois sous forme de gaethite cristallisée.

Dans l'échantillon 10-25 cm, le fer est mélangé à la jarosite.

Les diatomées sont abondantes dans l'échantillon 10-25 cm.

Le gypse se présente sous forme de cristaux intercalaires de taille supérieure à 350 μ dans l'échantillon de surface et sous forme "d'étoiles" de cristaux de taille supérieure à 90 μ dans l'échantillon 40-55

- la halite est aussi présente associé à un autre sel se présentant sous forme d'aiguilles.

- des pelotes fécales sont présents à 10-25 cm et 40-55 cm

b) TOBOR : 2 échantillons ont été prélevés au profil MT1 : à 45-56 cm et 95-105

La pyrite n'est présente que dans l'échantillon 95-105 cm où elle est abondante sous forme de framboises régulièrement réparties dans la masse- (2-50 μ)

sous forme de framboises (10-30 μ) remplissant partiellement ou entièrement les diatomées

sous forme de bouquets de framboises.

La jarosite se présente sous forme de petits nodules dans l'échantillon de profondeur, à l'intérieur des amas de pyrites.

Matière organique, gypse, halite et diatomées sont présents.

c) GAMBIE : 2 échantillons ont été prélevés au profil MG2 - à 20-30 cm et 50-60 cm.

La pyrite est abondante dans le profil sous forme, soit bouquets de framboises associés à la matière organique, soit de framboises régulièrement distribués dans la masse.

Dans l'échantillon, 20-30 cm, on observe de la pyrite oxydée "in situ" sous forme de glaebules bruns soudés et entourés d'un cercle diffus de fer amorphe

- des nodules ferriques de taille de l'ordre de 10 μ sont présents dans l'échantillon 20-30 cm

- des nodules jarositiques entourés de jarosite à limites diffuses s'observent dans l'échantillon 20-30 cm
- de la silice secondaire, sous forme de nodules de quelques centaines de microns est souvent associée aux nodules jarositiques
- la halite est sous forme de cristaux cubiques
- le gypse est présent dans tout le profil sous forme d'étoiles d'aiguilles de 10-20 .

Dans l'échantillon 50-60 cm, des pelotes fécales sont présents sous forme de bouquets de 200 de diamètre, elles sont souvent riches en pyrite.

d) C O N C L U S I O N

Que retenir de ces observations micromorphologiques ?

1. L'abondance de pyrite dans tous les échantillons exclusivement sous forme "framboïdale", par suite de la présence dans le milieu d'une très faible quantité d'oxygène (VAN BREMMEN), alors qu'en l'absence d'oxygène c'est la forme "cubique" qui prédomine. Cette abondance de pyrite- qui a surpris mes collègues hollandais- est due à la richesse en fer des bassins versants des 2 fleuves situés presque entièrement sur les formations du Continental terminal.

2. Cette pyrite est généralement concentrée à l'intérieur ou au voisinage des racines de Rhizophoras.

3. La présence quasi générale du gypse dans tous les profils qui ne peut s'expliquer que par la sécheresse climatique de ces dernières années.

Dans des échantillons de carottes prélevées en profondeur en Janvier 76, nous avons pu observer des aiguilles de gypse, à l'oeil nu. Ce gypse, comme l'opale-cristobalite des racines silicifiées observées dans certains profils de Balingore sont des produits de néo-formation. L'un et l'autre n'ont été observés par J. VIEILLEFON jusqu'en 1971.

3. CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DES SOLS ET LEUR EVOLUTION

3.1. Texture

Tous les profils (Balingore, Tobor, Gambie), sont caractérisés par leur texture fine, essentiellement argileuse à argilo-limoneuse. La fraction argile + limon varie entre 70 et 80 % à Balingore, de l'ordre de 7 % à Tobor et en Gambie. La fraction sableuse est insignifiante, sauf dans l'horizon superficiel où elle est de l'ordre de 3 à 5 %.

3.2. Profils hydriques (fig. 4)

La teneur en eau des sols a été exprimée par pesée avant et après séchage d'un échantillon frais, à 105°, et elle est exprimée en % du poids de sol sec.

Sauf, en surface dans la mangrove à Rhizophora où l'horizon fibreux se comporte comme une éponge, on constate que d'une manière générale la teneur en eau augmente de la surface vers la profondeur dans les profils et qu'elle décroît quand on passe de la mangrove au tanne. (Tous les résultats analytiques figurent en annexes.)

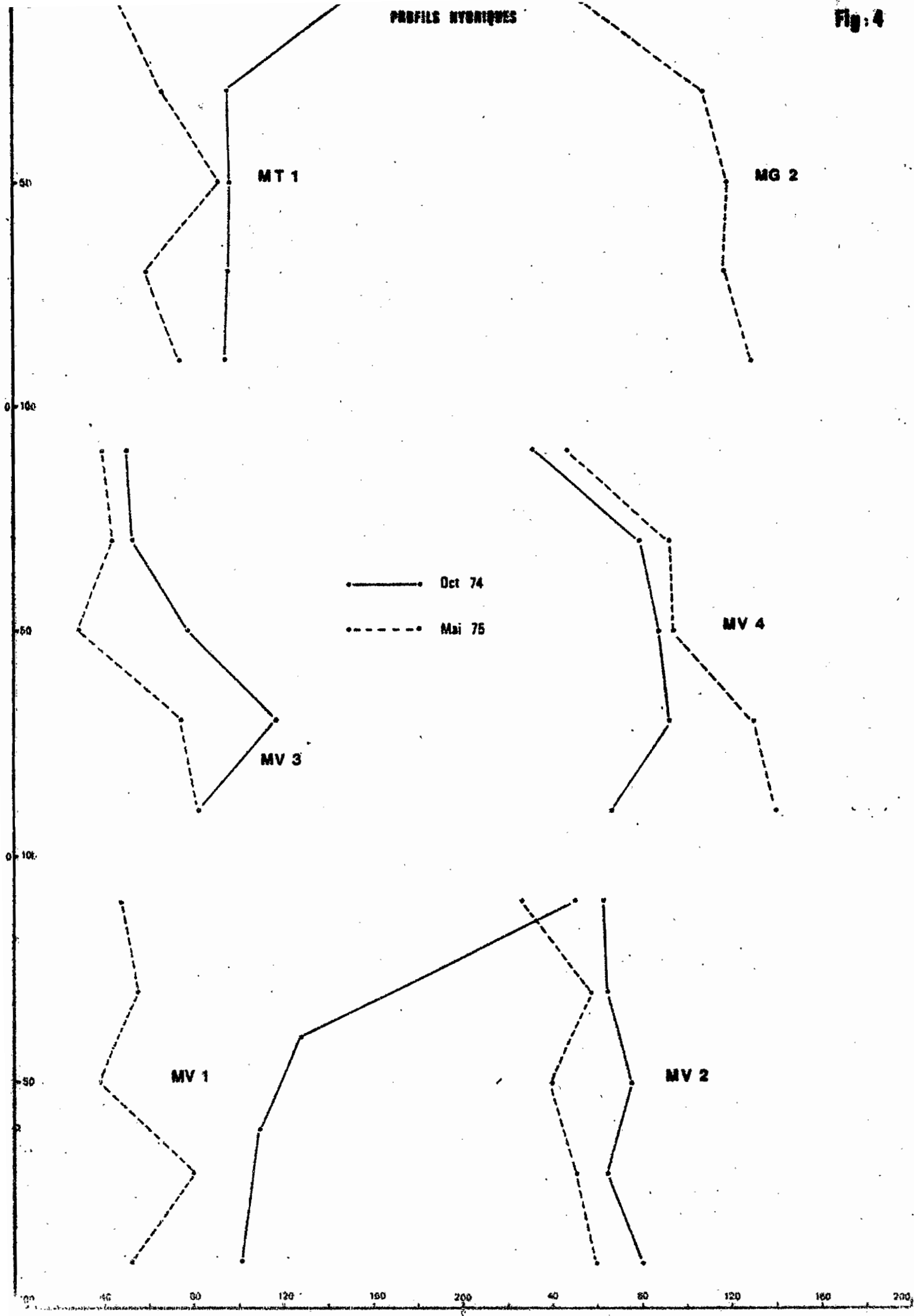
Par ailleurs, les teneurs en eau sont moins élevées en fin de saison sèche qu'en fin d'hivernage.

Des 3 stations, on constate qu'en Gambie les sols sont plus riches en eau, la zone étudiée étant inondée une bonne partie de l'année, alors qu'à Balingore, la durée de la submersion a considérablement diminué ces dernières années par rapport à la période étudiée par VIEILLEFON. De Janvier 1974 à Octobre 1974, la séquence n'a jamais été submergée et en Mai 75, la nappe, dans le tanne vif et dans la mangrove à Avicennia était à plus de 1 m. En Janvier 76, après une année considérée comme normale du point de vue pluviométrique, la nappe dans la mangrove à Avicennia et dans le tanne vif était à 50 cm environ de la surface.

3.3. La salinité

La salinité des sols de mangroves est essentiellement liée à la salinité des eaux des fleuves (Casamance et Gambie), qui subissent l'influence de la marée. La plupart des mangroves tropicales sont situées généralement au débouché de grands fleuves et en zones tropicales humides ou équatoriales.

Il en résulte que les sels qui proviennent de l'eau de mer sont, soit fortement dilués par les fleuves à grand débit, soit lessivés par les pluies. En revanche, au Sénégal, les estuaires sont, le plus souvent, des bras de mer et situés dans une zone climatique à saison sèche très marquée.



Il s'ensuit que la marée, avec les sels qu'elle apporte, influence considérablement la nappe et les sols.

3.3.1. Salinité des cours d'eaux (fig.5 à 8)

Des prélèvements d'eau ont été effectués à Ziguinchor, sur le bras principal de la Casamance, dans le marigot de Tobor, au passage de la digue, dans le marigot de Bignona, à hauteur de la séquence et à proximité du bac, pour la Gambie.

La salinité des eaux des marées est influencée par les alternances saisonnières du climat et cela, d'autant plus que l'on remonte vers l'amont des biefs maritimes des fleuves et de leurs affluents.

Nous ne possédons pas de renseignements sur la salinité de la Gambie. Par contre, pour la Casamance, nous avons une étude détaillée réalisée par la section hydrologie de l'ORSTOM (M. BRUNET MORET) de 1968 à 1970.

En général, l'eau est plus salée à marée haute qu'à marée basse. Les maxima de salinité se produisent en Juillet ou Août, les minima en Octobre ou Novembre. A son maximum, le front de salinité se situe, sur le bras principal, aux environs de Sedhiou sur le Songrougrou, un peu en aval de Diaroumé- et sur le marigot de Bignona, un peu en amont de Balingore, aux environs du village de Tendimane. La limite de la remontée des eaux salines se remarque aisément par un changement au niveau de la végétation qui passe de la mangrove à palétuviers à une végétation de marais à Typha cyperacées, Heliocharis. Or, la succession des années sèches a eu pour conséquence de faire remonter loin en amont des cours d'eau, le front de salinité. C'est ainsi que les mesures effectuées par le P.R.S. (projet agricole de SEDHIOU) ont montré qu'en fin de saison sèche 1974 et 1975, la salinité à SEDHIOU et à DIAROUME était proche de celle de l'eau de mer. De nombreux palmiers sont morts à SEDHIOU et les Cyperacées- au pont de DIAROUME, ont énormément souffert. Sur le marigot de Bignona, l'eau était salée à Bignona en 1973-74, et c'est le palétuvier Rhizophora qui a le plus souffert de la sursalure conséquence de la sécheresse. Dans tous les affluents de la Casamance, (Kamobeul, Bignona, Songrougrou...), la sécheresse de 1972 s'est traduite par la disparition brutale de Rhizophora dans les parties amont.

Si nous nous référons aux chiffres, nous constatons que jusqu'en 1970, la salinité, dans le marigot de Bignona, à hauteur de la séquence atteignait son maximum vers le mois de Juillet avec une conductivité voisine de 50 millimhos/cm- alors qu'en Mai 1974 et en Juin 1975 elle est supérieure à 75 millimhos.

On remarquera aussi que fin Août 1974, la Gambie était totalement dessalée, alors que dans la Casamance, était de 52 millimhos. En effet, les pluies des mois de Juillet

Fig: 5

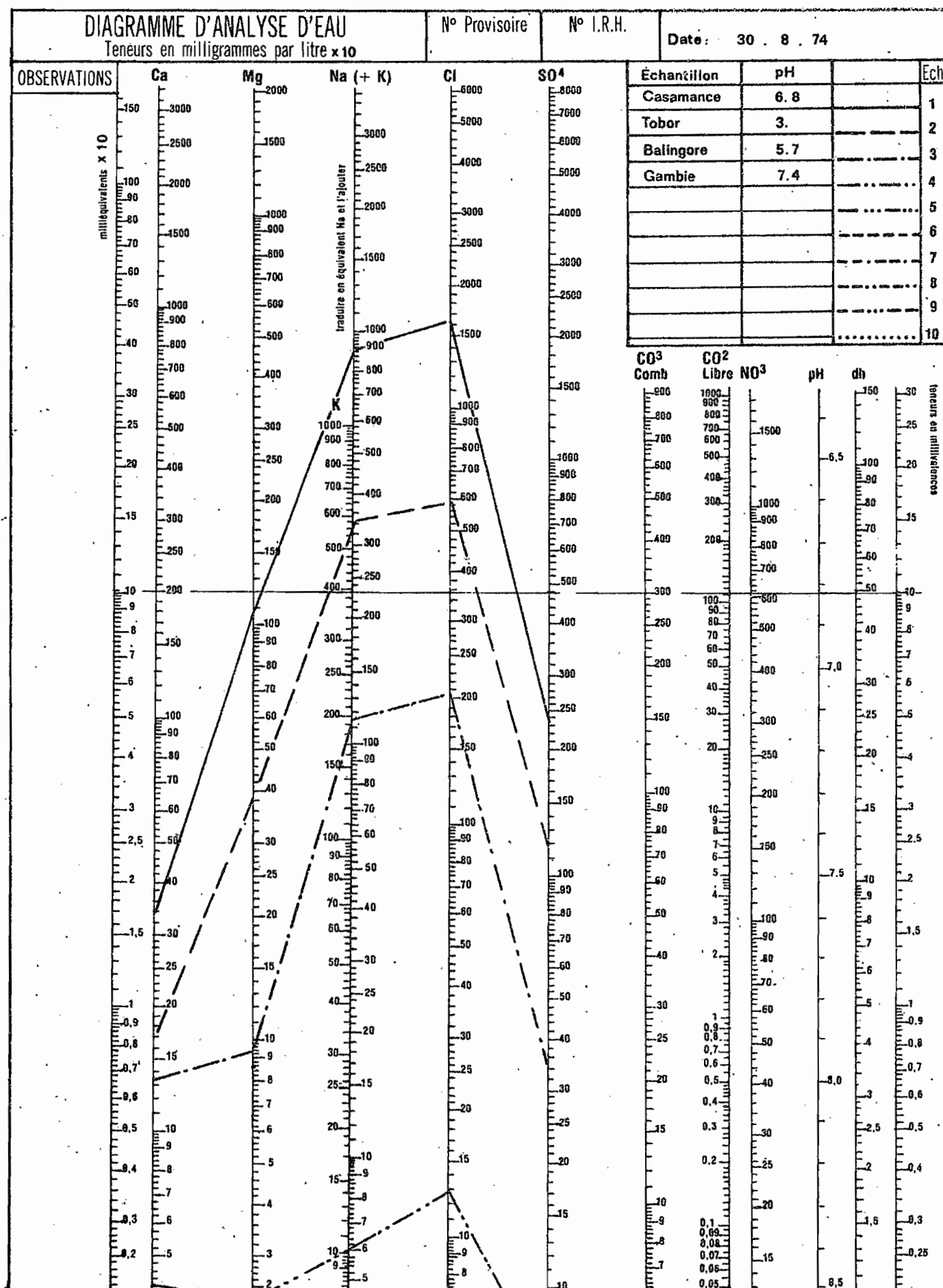


Fig : 6

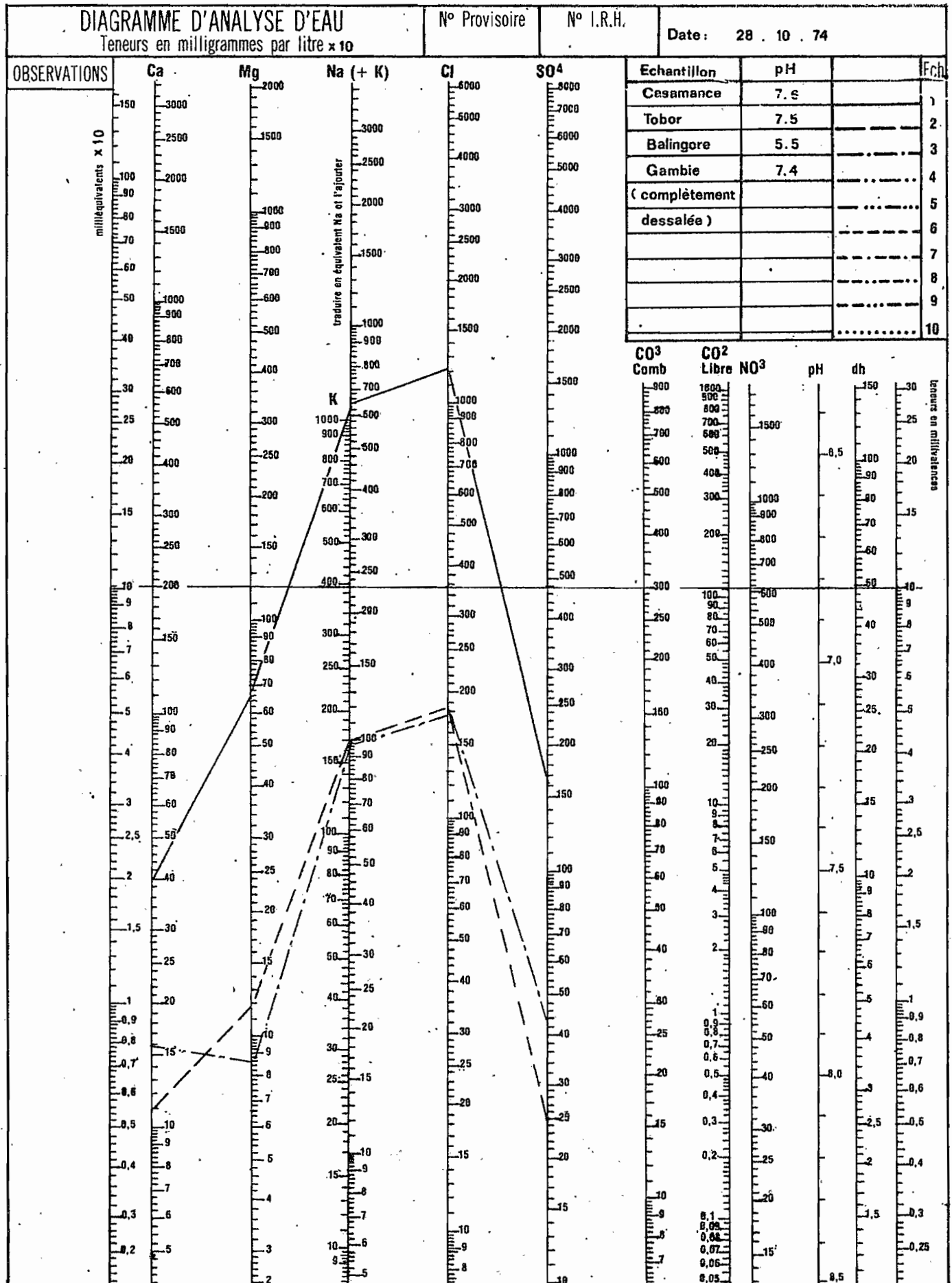


Fig : 7

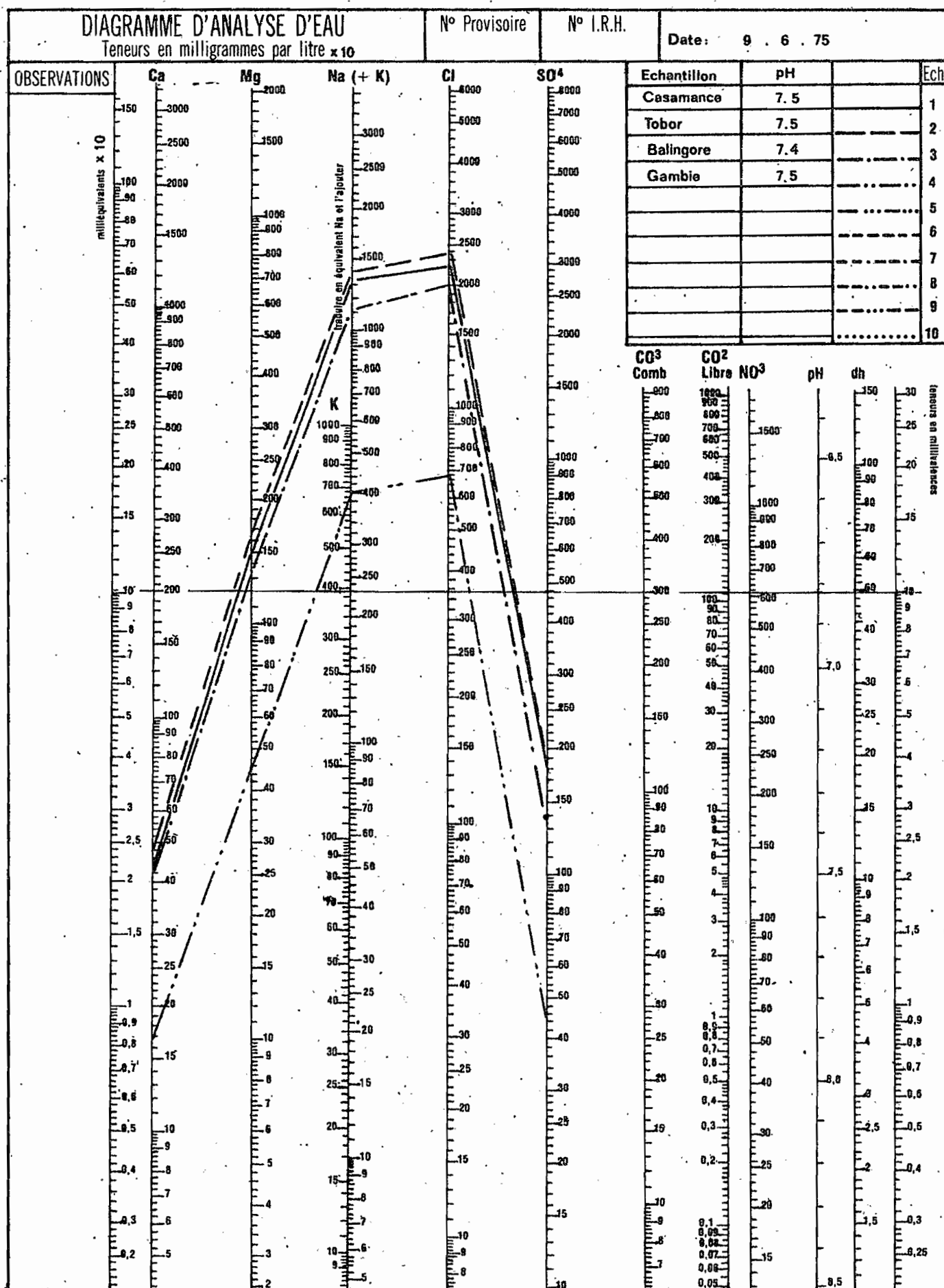
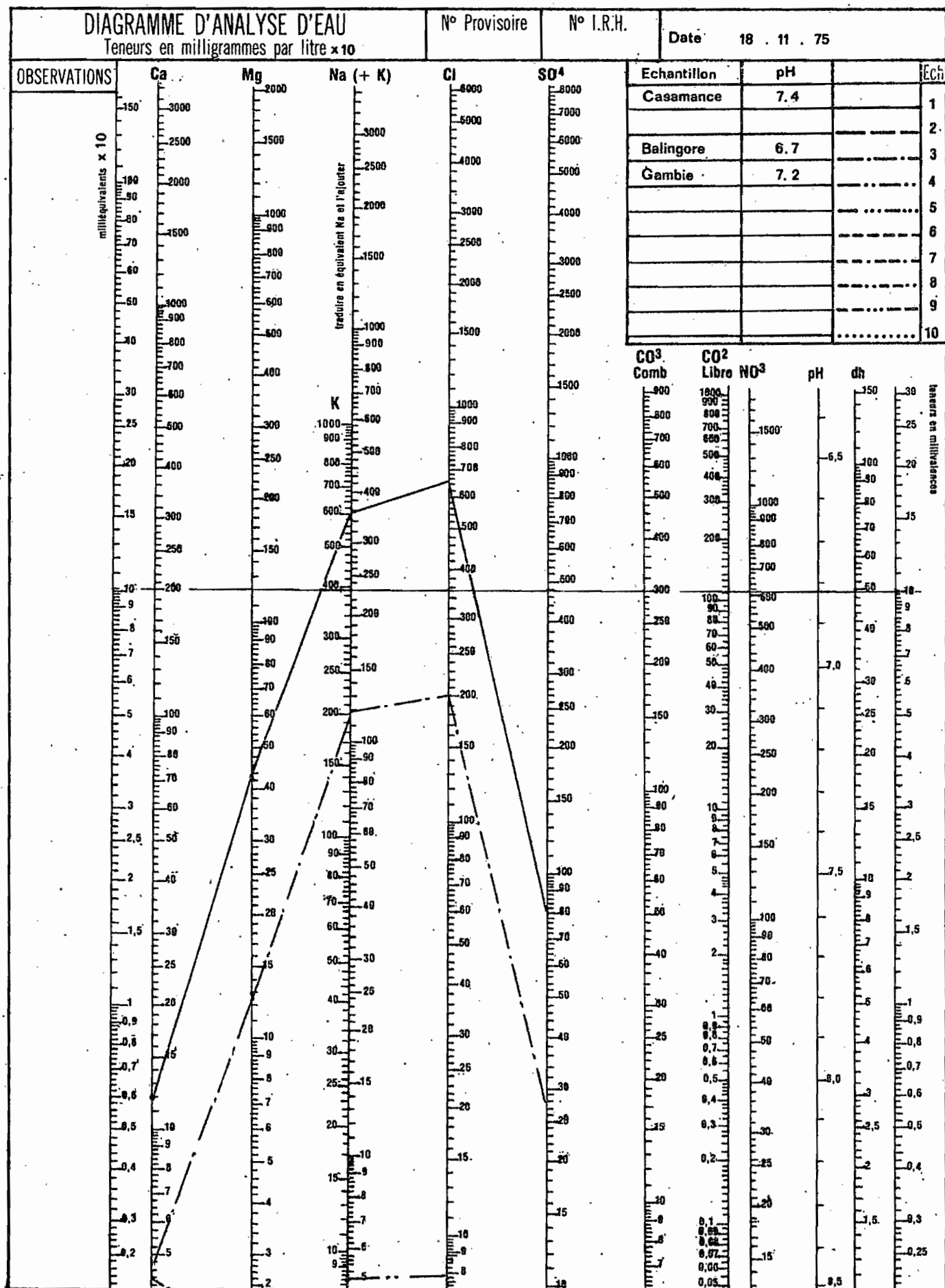


Fig. 8



et Août ont drainé vers le bras principal tous les sels qui s'étaient accumulés à la surface du sol, et les biefs amonts sont alors beaucoup moins salés que le bras principal. Quant à la Gambie, son dessalement est dû au fait que son débit est relativement élevé, et à la lumière des résultats que nous possédons, il semble que, au niveau du bac, le fleuve est dessalé pendant au moins 6 mois, sinon 7 mois, de l'année- période pendant laquelle la riziculture est pratiquée sur la mangrove défrichée.

En Octobre 1974,- à la fin de l'hivernage- la Casamance a encore une salinité de 36 millimhos.

Le tableau ci-dessous permet de comparer la salinité de la Casamance à celle de la Gambie en hivernage 1974. La salinité est exprimée en millimhos/cm à 25°C.

	Casamance	Tobor	Balingore	Gambie
30 Août 74	52,450	20,850	6,800	0,58
28/10/74	36,200	5,750	6,000	0,220

On notera que la salinité de la Casamance est 100 fois supérieure à celle de la Gambie.

La composition ionique de l'eau des fleuves (fig.5-8) reflète celle de la mer. En effet, les chlorures représentent 90 % des anions les 10 % restant étant constitués par les sulfates. Pas de carbonates et des traces de bicarbonates. Les chlorures sont associés en majeure partie au sodium qui représente environ 75 % des cations, et en partie au magnésium- 20 %.

En saison des pluies, le rapport Cl/SO_4 est proche de celui de l'eau de mer, c'est à dire de 10. Par contre, en fin de saison sèche, il y a concentration des chlorures par rapport aux sulfates et le rapport est presque double de celui de l'eau de mer.

- Rapport Cl/SO_4

	Casamance	Tobor	Balingore	Gambie
28/10/74	9.9	10.3	6	dessalée
9/6/75	19.1	19.3	19.5	20.5
18/11/75	10.7	10.3	9.5	dessalée

3.3.2. Salinité des nappes

L'eau de la nappe a été prélevée dans les trous de pelle à vase qui ont servi aux prélèvements d'échantillons de sol, et en ce qui concerne la séquence de Balingore, les 4 prélèvements sont identiques aux prélèvements effectués par J. VIEILLEFON qui pourront donc nous servir de termes de comparaison.

a) Conductivité

L'examen des graphiques indiquant les variations saisonnières de la conductivité électrique dans la séquence de Balingore de 1967 à 1970 montre que sous mangrove à Rhizophora, la conductivité maximale est de l'ordre de 50 mmhos, sous Avicennia + Sesuvium, de l'ordre de 70 mmhos et dans le tanne vif, de l'ordre de 100 mmhos. Or, que nous indique la fig. 9. D'une part, qu'en Mai 74, toutes les nappes étaient excessivement salées avec des conductivités nettement supérieures à 100 mmhos, d'autre part, que dans le tanne vif (MV3) la salinité de la nappe n'a fait que croître de Mai 74 à Mai 75. En effet, même au coeur et à la fin de l'hivernage 1974, alors que la salinité de la nappe de la zone à Avicennia et celle du tanne herbacé avaient considérablement diminué, celle du tanne vif a régulièrement augmenté, alors que, dans la même séquence VIEILLEFON signale que la baisse de la salinité est surtout sensible dans le tanne vif. En 1974, on constate aussi que le minimum de la salinité se situe en Août et qu'en Octobre, elle est déjà plus élevée, cela est dû au déficit très marqué de la pluviométrie en Septembre. Par contre en 1975, Septembre ayant été un mois presque excédentaire, le minimum se situera en Novembre.

b) pH des nappes (fig. 10)

On constate que le pH de la nappe est variable, d'une part selon les profils, d'autre part, au cours de l'année.

En Mai 1974, toutes les nappes accusaient une acidité marquée - à l'exception de celle du profil MG1 (en Gambie). En hivernage, le pH remonte dans la plupart des profils sauf à Tobor et dans le tanne vif de la séquence de Balingore, où par ailleurs, le pH restera fortement acide jusqu'en Novembre 1975.

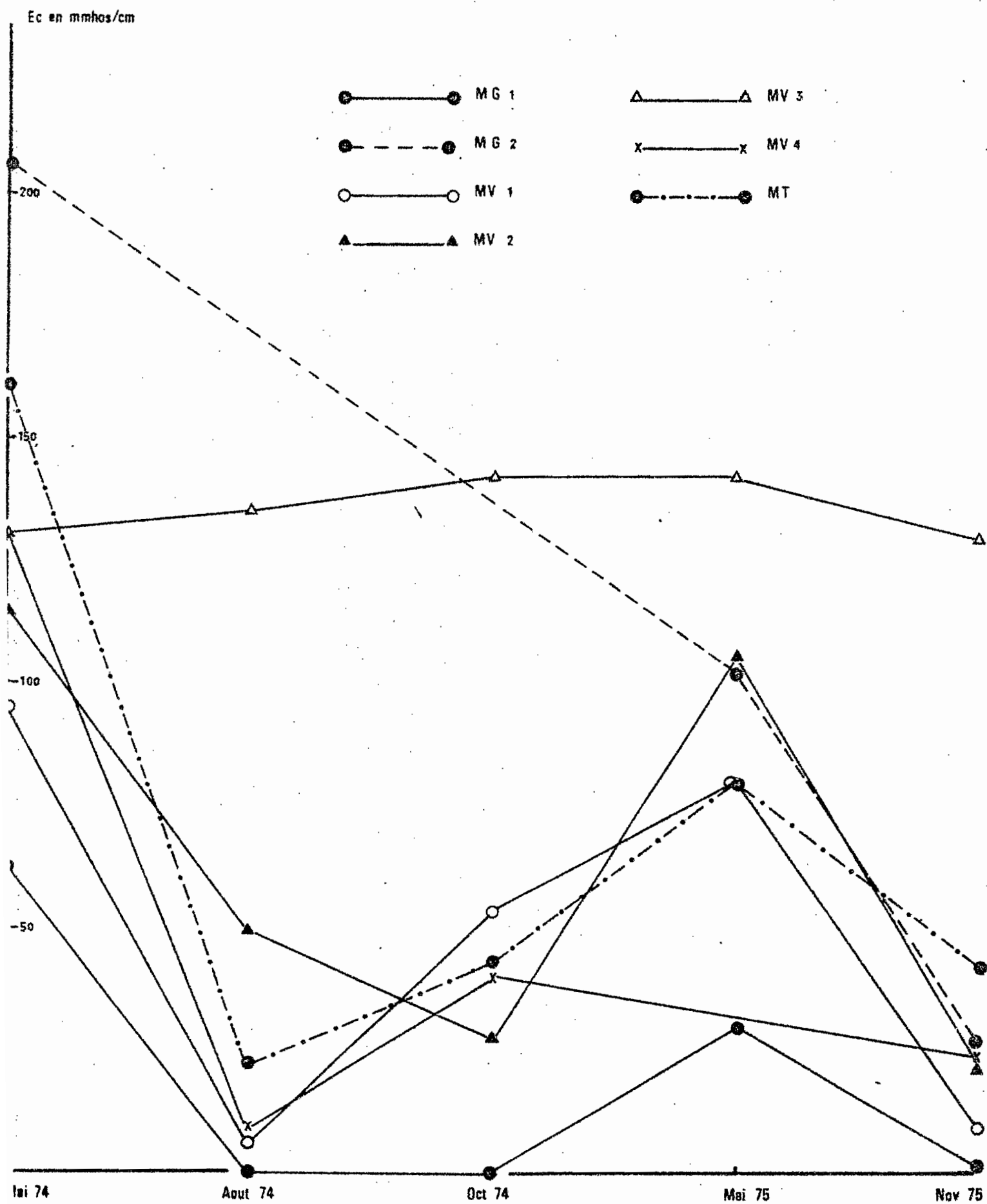
Dans la mangrove à Rhizophora, (MV1) le pH qui était fortement acide en Mai 74 se stabilise au voisinage de la neutralité à partir de l'hivernage 74.

Dans la mangrove à Avicennia (MV2) le pH qui était remonté à 7, en Octobre 74 s'abaissera brutalement jusqu'à 2,9 en Juin 75 pour remonter aussi rapidement jusqu'à 7 en Novembre 75.

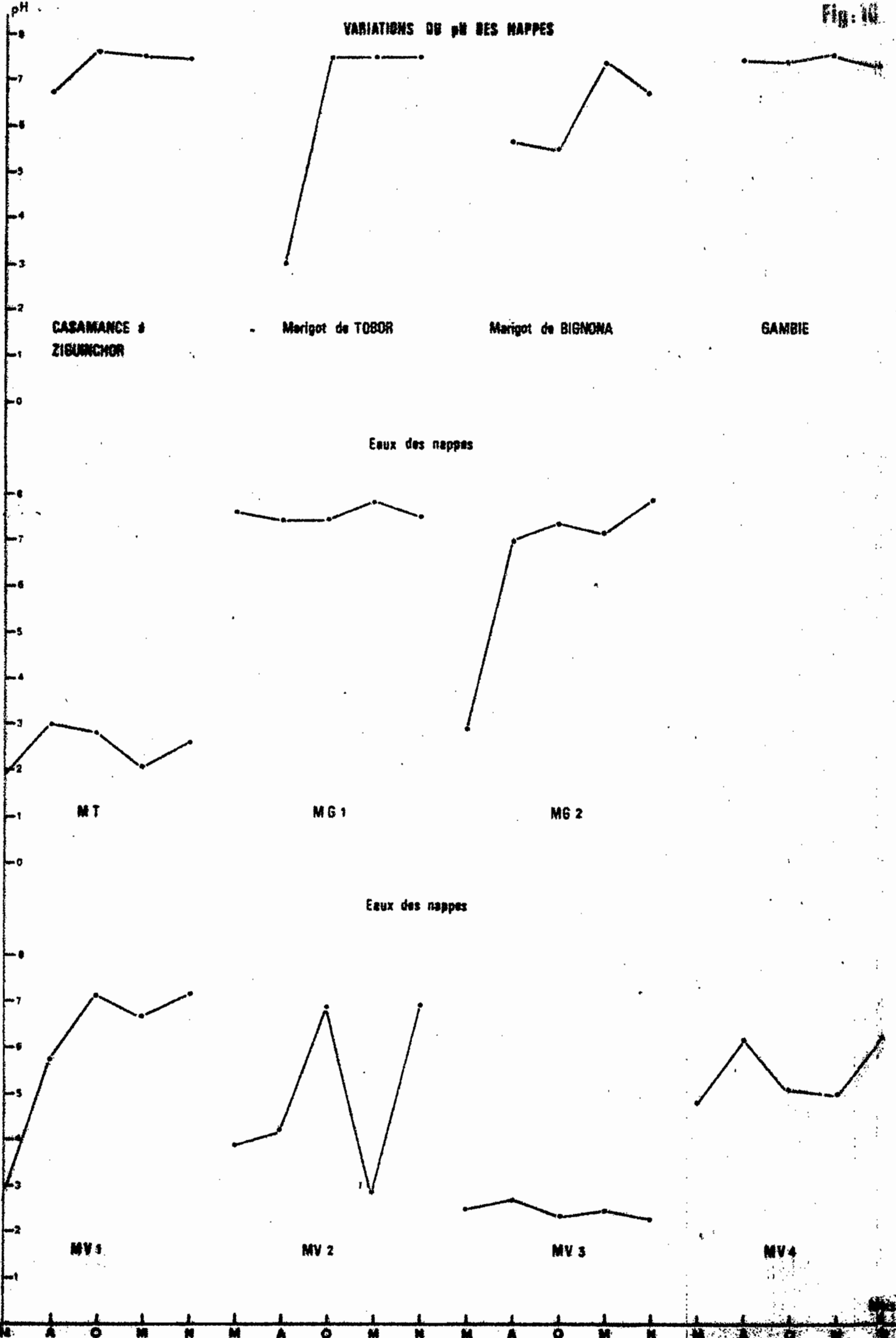
Dans le tanne herbacé, (Balingore) la nappe est moins acide que dans le tanne vif (entre 5 et 6) et sa variation saisonnière est peu marquée.

Fig: 8

CONDUCTIVITÉS DES NAPPES



VARIATIONS DU pH DES NAPPES



c) Composition ionique: (fig. 12 à 16)

L'examen des diagrammes logarithmiques des nappes aux différentes époques montre que d'une part, ils sont remarquablement identiques les uns aux autres, d'autre part qu'ils sont superposables à ceux des cours d'eaux (Casamance et Gambie).

L'eau de la nappe est essentiellement chlorurée-sodique et, dans l'ensemble, tellement chargée en sels, que nous avons été obligés de multiplier par 10 les teneurs en mg/l pour pouvoir tracer les diagrammes et si l'on compare nos diagrammes de Mai 74 ou Mai 75, à ceux de J. VIEILLEFON de Mai 67, (fig. 11) on constate que les nappes se sont considérablement chargées en sels.

Dans tous les profils, et à toutes les époques de l'année, les proportions des différents anions et cations sont remarquablement homogènes.

Pour les anions, on a dans l'ordre :

Chlorures	:	90 %	de la somme des anions
Sulfates	:	10 %	" " "

Les bicarbonates ne sont présents qu'à l'état de traces et à des pH > 7.

Pour les cations, l'ordre est le suivant :

Na	:	70-75 %	de la somme des cations
Mg	:	20-25 %	" " "
Ca	:	3-5 %	" " "
K	:	1 %	" " "

Ce dernier cation n'est présent que dans le tanne vif de Balingore, en liaison, avec l'abondance de jarosite dans ce profil.

Par ailleurs, les diagrammes traduisent bien les différences de salinités, dans la séquence d'une part, et en cours d'année, d'autre part. En saison sèche, la salinité est plus élevée et les courbes sont regroupées, par contre, en hivernage, les différences de salinités sont nettement marquées, et au contraire de ce que nous avons observé dans le Saloum, le tanne vif est resté constamment salé.

Quant au rapport Cl/SO_4 , on constate que, dans l'ensemble, il est voisin de 10, sauf en Juin 75, où il est partout de l'ordre de 20 indiquant une concentration excessive des chlorures.

Enfin, la balance ionique est, dans l'ensemble, à peu près réalisée avec cependant un léger excédent cationique et la fig 17. montre que la somme des cations satisfait à la relation connue.

10 CE ~~≠~~ somme des cations la conductivité étant exprimée en millimhos.

Fig : 11

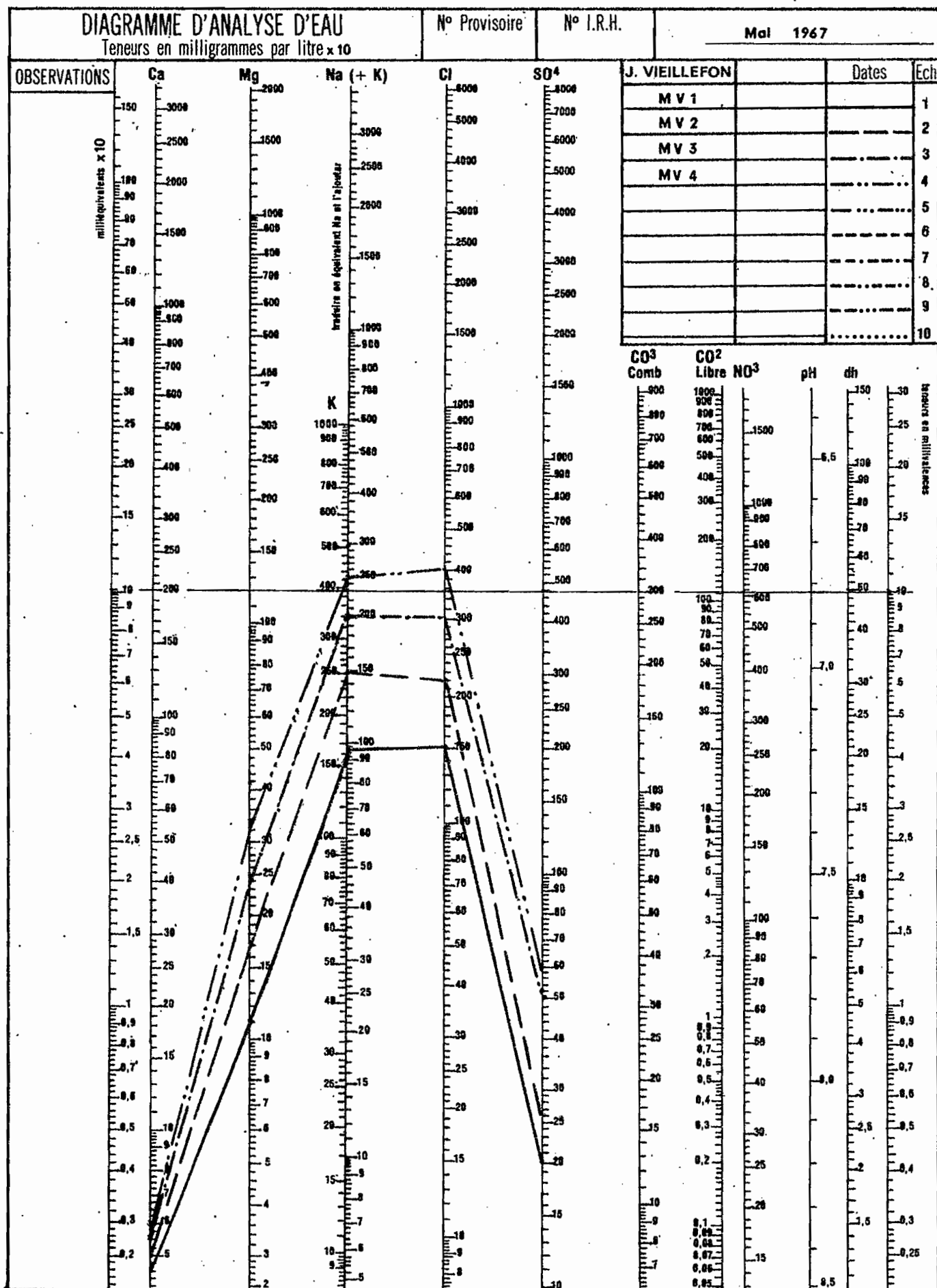


Fig. 12

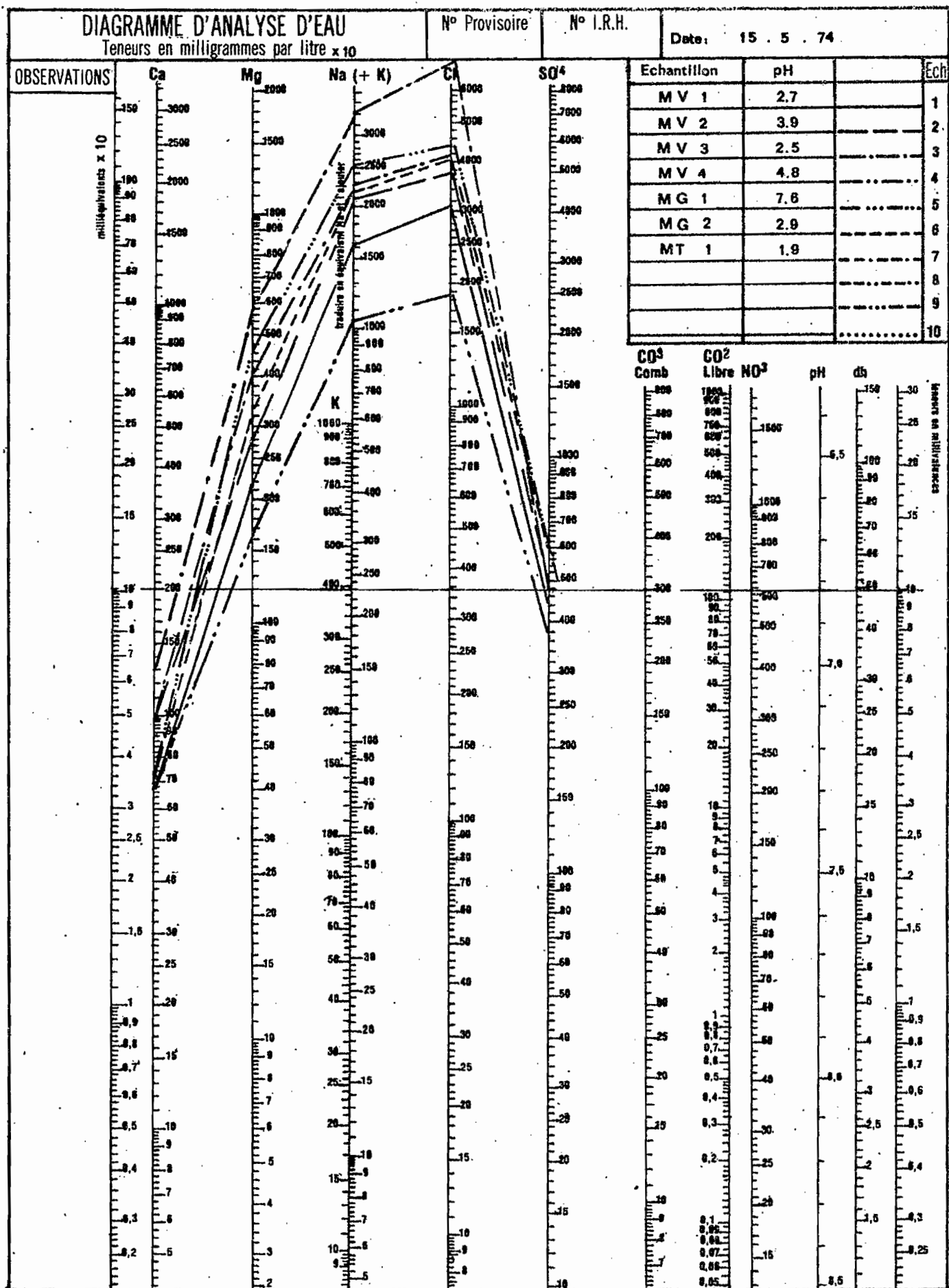


Fig. 13

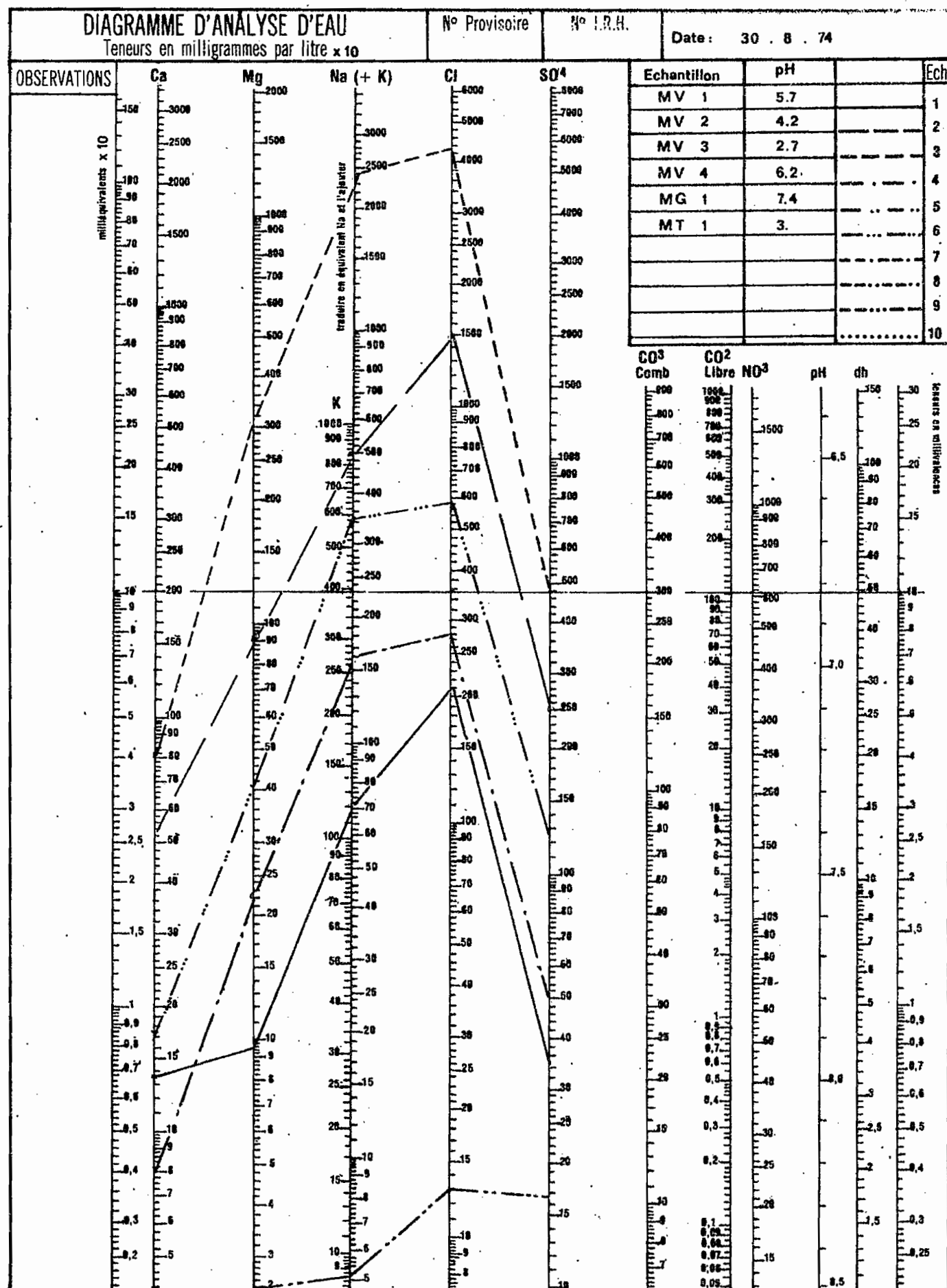
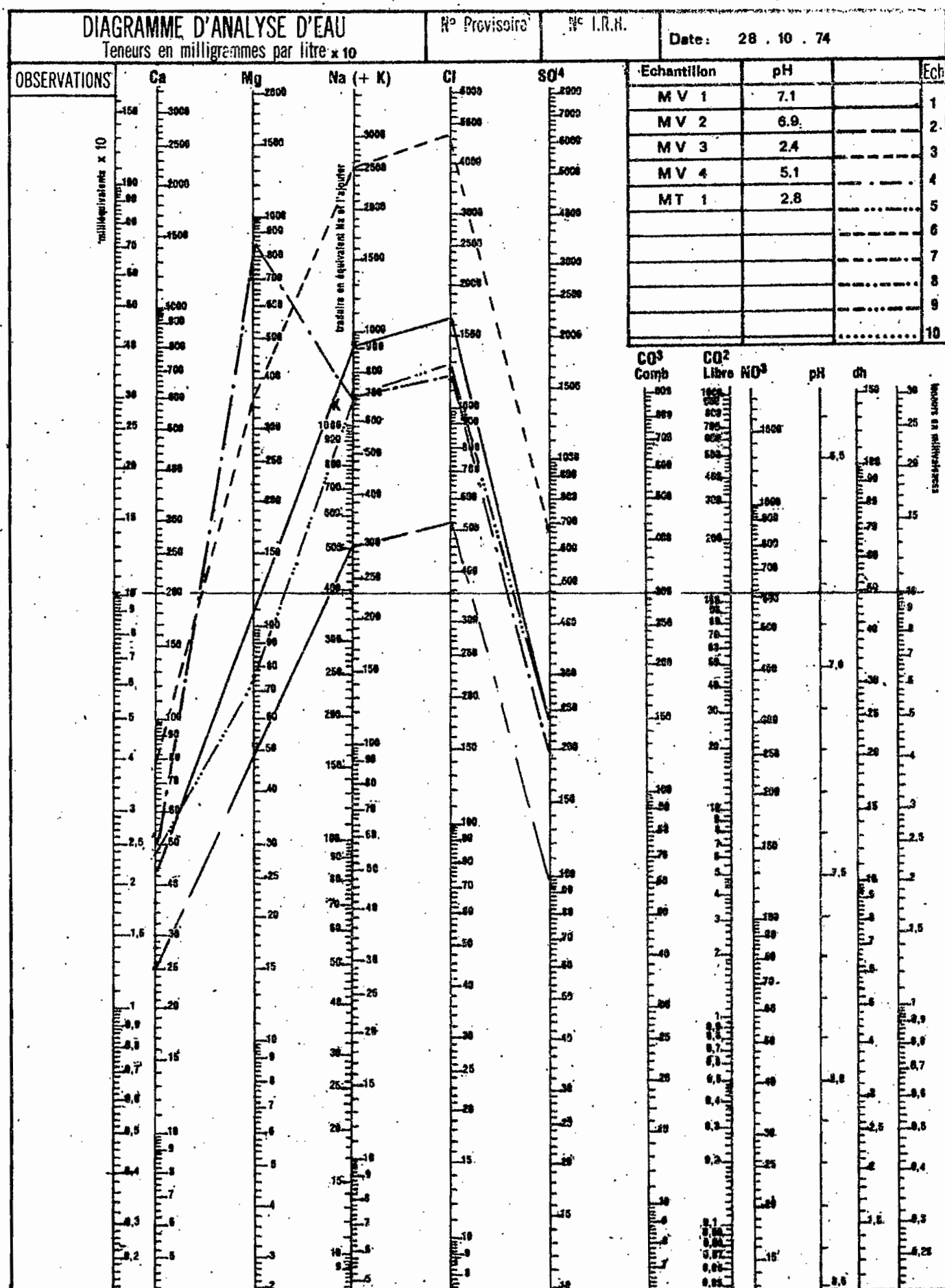


Fig: 14



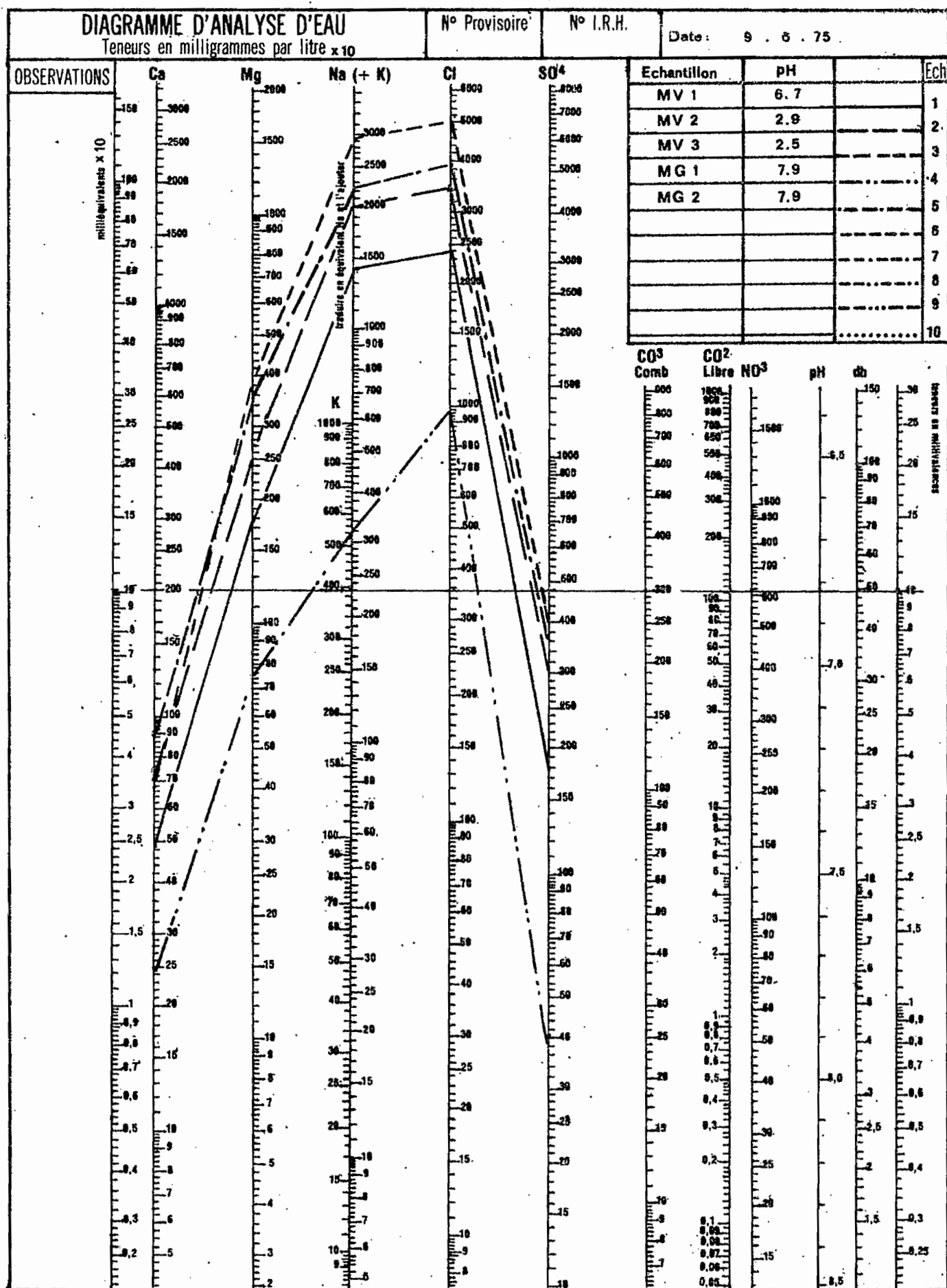
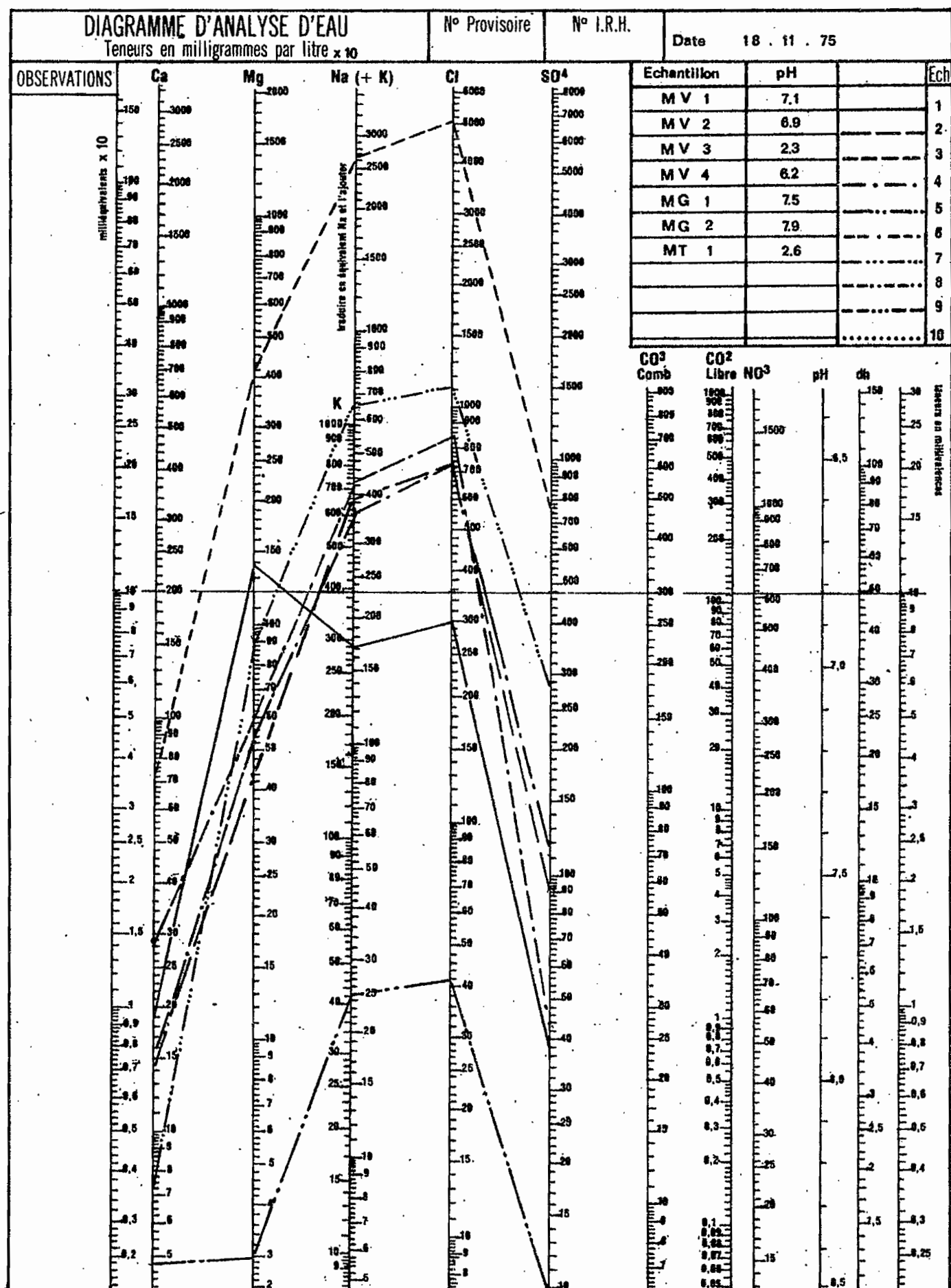
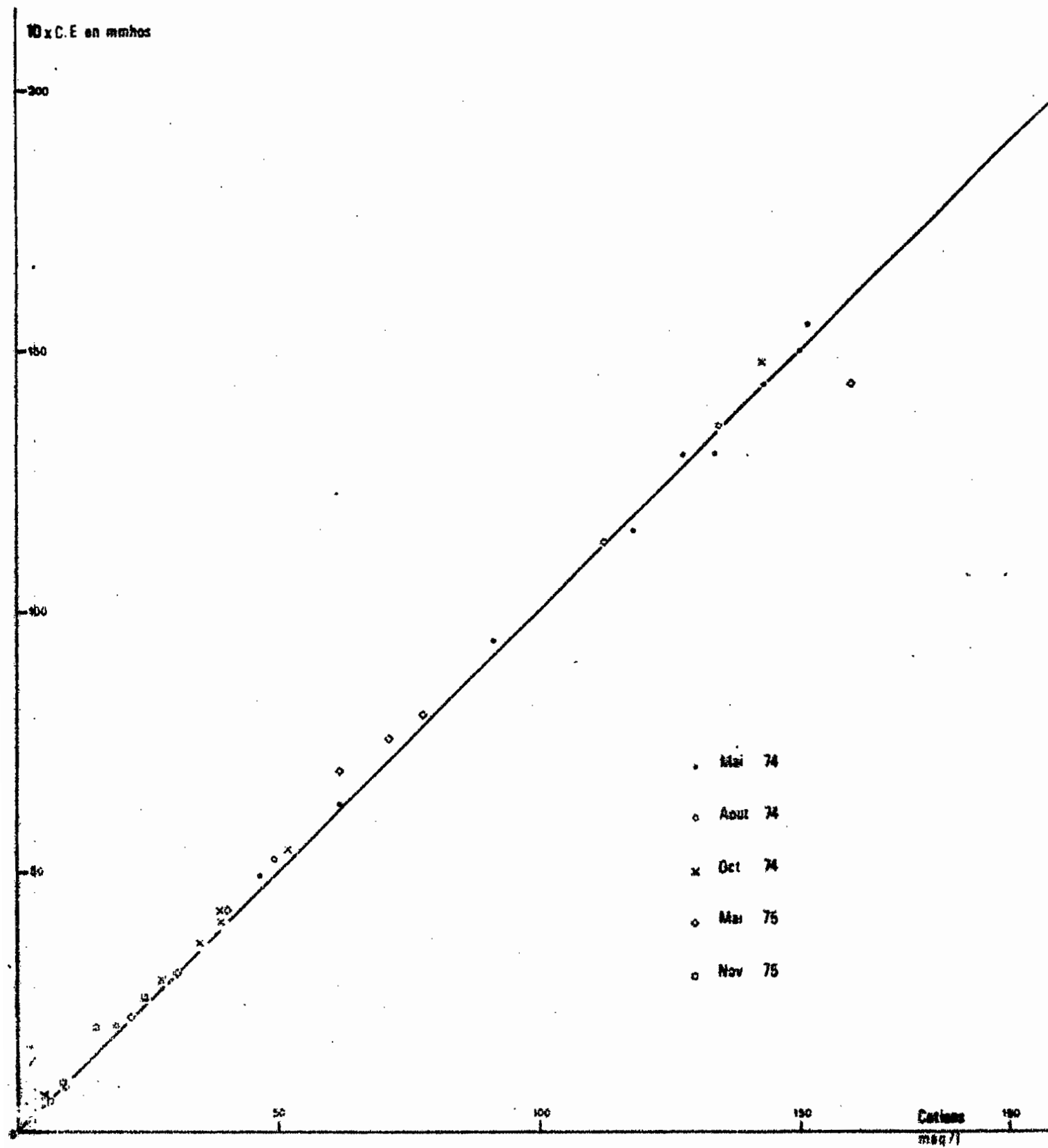


Fig.16



EAU DES MAPPES

Relation Conductivité - Somme des Cations



3.3.3. Salinité des sols

Le bilan ionique a été fait sur l'extrait aqueux $\frac{1}{10}$, parce que cette détermination est, d'une part, plus facile à mettre en oeuvre que l'extrait à saturation, d'autre part, elle doit nous permettre de comparer nos résultats à ceux de J. VIEILLEFON-

a) Conductivité.

La salinité exprimée par la conductivité en millimhos/cm à 25°C est, dans l'ensemble, très élevée. Elle est généralement supérieure à 10 mmhos/cm à Balingore et 20 mmhos à Tobor (en Mai 74). En Gambie, les sols de la rive sont nettement plus salés que ceux de la rive Nord.

Sur la fig. 18, nous avons porté les variations saisonnières de la conductivité de l'extrait 1/10 pour les différents profils.

On constate que la salinité d'une manière générale :

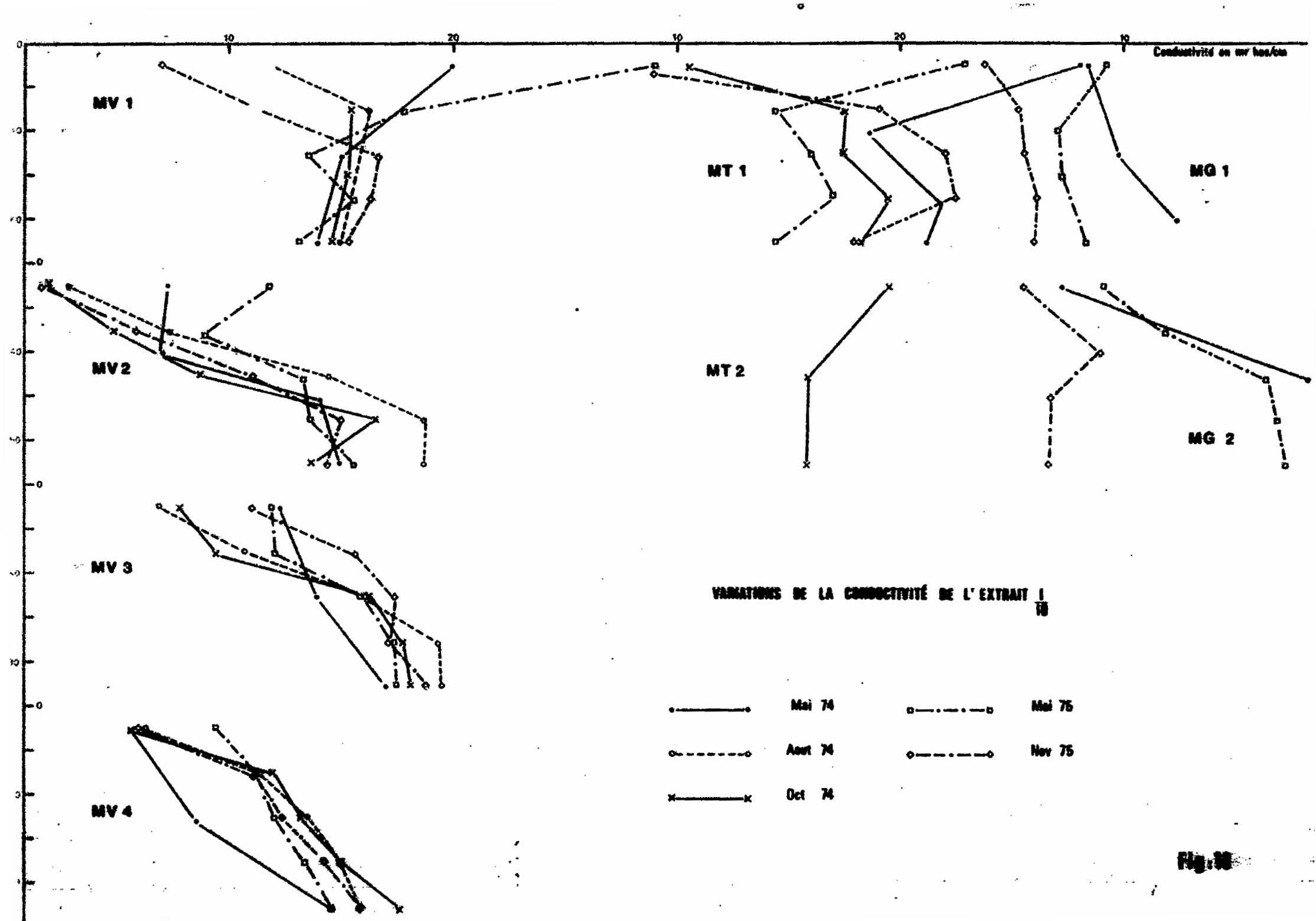
- très élevée augmente avec la profondeur dans tous les profils
- est plus élevée dans le tanne vif
- qu'en cours d'année, elle varie peu ou pas en profondeur, et que seul l'horizon superficiel est affecté par la sursalure ou la dessalure.

A cet égard, on notera que les courbes sont différentes de celles de l'Estuaire du Saloum où, en cours d'année la salinité variait peu en surface alors qu'en profondeur les courbes avaient des allures très variées. Cette différence est à attribuer à la texture des sols qui est sableuse dans le Saloum et argileuse en Casamance et Gambie-

En ce qui concerne la Gambie, on relevera qu'à la fin d'un bon hivernage, comme celui de 1975 et tandis que la nappe, comme nous l'avons vu, est totalement dessalée, les sols conservent une salinité notable- avec une conductivité de l'extrait aqueux de l'ordre de 5 à 10 millimhos/cm (qui est d'environ 3 fois plus faible que celle des sols de Casamance (15-20 millimhos), et apparemment le riz semble bien s'adapter à ces salinités.

b) Composition ionique

Elle reflète celle de la nappe, à savoir : prédominance des chlorures et des sulfates pour les anions et du sodium du magnésium pour les cations; mais tandis que dans les nappes, la somme des cations était généralement supérieure à celle des anions, c'est l'inverse que nous observons dans les extraits aqueux où- comme dans tous les sols très salés, par ailleurs- c'est la somme des anions qui est plus élevée que celle des cations.



L'examen des rapports caractéristiques $\frac{Cl}{SO_4}$ et $\frac{Na + K}{Ca + Mg}$ permet de définir les types anionique et cationique de la salinisation. Il apparaît, très nettement, qu'à l'exception du profil MV3 (tanne vif) la salinisation est du type chlorurée-sulfatée du point de vue anionique, alors que la nappe est essentiellement chlorurée. Le rapport $\frac{Cl}{SO_4}$ de l'extrait aqueux de la plupart des profils, en Casamance comme en Gambie est inférieur à 5, surtout dans les horizons profonds. Du point de vue cationique, la salinisation est sodico-magnésienne.

Rappelons que dans l'Estuaire du Saloum, la salinisation est surtout du type chlorurée-sodique.

c) pH

Le pH de la solution du sol est, dans l'ensemble, acide à très acide et très souvent- en particulier dans la mangrove à Rhizophora et à Tobor- inférieur à 3. En cela, les sols de Casamance et de Gambie ressemblent à ceux de l'Estuaire du Saloum. Cette forte acidité est évidemment liée à la production de sulfates, par oxydation des sulfures, comme nous le verrons plus loin, et par voie de conséquence au rapport $\frac{Cl}{SO_4}$. En effet, plus le pH est acide, plus ce rapport est faible ou inversement.

d) En conclusion, on peut dire que les sols subissent l'influence de la marée, soit par submersion, soit par transit par la nappe. On peut admettre que le sens d'écoulement de la nappe est essentiellement commandé par l'alternance climatique- en principe, de la mangrove vers le tanne en saison sèche et du tanne vers la mangrove en saison des pluies, mais compte tenu de la succession des années sèches on peut penser que c'est finalement l'influence de la marée qui prédomine sur celle de l'eau de pluie, à preuve que la nappe du tanne vif de la séquence de Balingore ne s'est pas dessalée après deux hivernages. L'inondation en hivernage de l'ensemble des sols par les eaux de pluie, suivie d'une évaporation intense et d'une resalinisation des cours d'eau en saison sèche provoquent d'importantes variations de salinités dans les nappes et à cet égard on remarquera que si les nappes de la mangrove Gambienne sont totalement dessalées pendant au moins la moitié de l'année, sinon plus- celles de Casamance ont conservé une forte minéralisation pendant et après l'hivernage. Il en est de même des sols, qui bien que légèrement dessalés en surface, ont conservé dans la plus grande partie du profil une salinité généralement excessive en Casamance excluant toute possibilité de riziculture ces dernières années.

3.4. pH des sols.

On sait que le pH est une des caractéristiques essentielles des sols de mangroves, au point qu'il a été choisi pour définir et classer les sols dans la 7ème Approximation et la légende F.A.O.

Les premières études et notamment celles de la station de Rokupr, en Sierra Leone étaient arrivées aux conclusions suivantes.

Le pH du sol en place- pH in situ- est voisin de la mentalité sous mangroves naturelles et en général, légèrement plus acide sous Avicennia que sous Rhizophora.

Le pH mesuré sur un échantillon séché à l'air est nettement plus acide sous Rhizophora que sous Avicennia et la différence entre le pH frais et du sol séché est définie comme étant "l'acidité potentielle".

Dans les sols de mangroves, le pH est donc moins lié au taux de saturation du sol qu'aux variations dues aux conditions d'engorgement ou de dessiccation du sol.

3.4.1. pH frais

Le pH frais a été déterminé directement sur le terrain, à l'aide d'un pH mètre portable CORNING, équipé d'une électrode POLYMETRON. L'étalonnage de l'appareil a été réalisé avant chaque série de mesures. Le pH est mesuré sur la carotte, immédiatement après sa sortie, et à différentes profondeurs. L'électrode combinée POLYMETRON que nous possédons s'enfonce aisément dans des horizons relativement desséchés et le pH se stabilise très rapidement.

a) Balingore.

Nos résultats sont très différents de ceux de J. VIEILLEFON. En effet, pour une série de 17 campagnes de mesures "in situ" allant d'Août 1965 à Juillet 1971, les résultats de VIEILLEFON sont les suivants :

	Profondeur	pH maximum			pH minimum			pH moyen des 17mesures		
		20 cm	50	100	20	50	100	20	50	100
MV1	Rhizophora	8	8.3	8.5	6.2	6.2	6	6.83	6.76	6.68
MV2	Avicennia + Sesuvium	7.8	7.5	6.7	4.75	4.6	4.1	6.28	6.05	5.47
MV3	Tanne vif	7.2	7.35	6.4	5	4.7	4.2	6.02	5.86	5.09
MV4	Tanne herbacée	7.5	7.45	6.8	5.6	5.35	4.35	6.25	5.91	5.63

Extrait du tableau V de la thèse de J. VIEILLEFON

Or les résultats que nous avons (tableaux) indiquent que, pour 4 séries de mesures le pH

- sous mangrove à Rhizophora est de l'ordre de 6,2 - 6,5 sauf en Mai 74 où il est de l'ordre de 5,9
- sous Avicennia et Sesuvium : il est compris entre 4,5 et 5,5 en surface, nettement plus acide entre 40 et 80 cm : 3,5 à 4,5 et se relève en profondeur à 4,7 - 4,9
- sous Tanne vif, le pH est relativement homogène dans tout le profil sur 1 m et très acide. Il est en effet, inférieur à 4
- sous Tanne herbacé, le pH augmente assez régulièrement depuis la surface (4-5) jusqu'en profondeur où on retrouve le pH de la mangrove à Rhizophora - 6.

On constate donc que, par rapport aux résultats de VIEILLEFON, il y a une baisse générale du pH dans toute la séquence (de la mangrove au tanne) et sur tout le profil (environ 1 m).

Si l'on ne se réfère qu'aux chiffres, cette baisse peut paraître relativement importante, mais il nous semble que certains résultats de VIEILLEFON soient légèrement erronés, en particulier, le pH sous mangrove à Rhizophora, en Casamance, ne dépasse pas 6,5 d'après les nombreuses mesures que nous avons faites en plusieurs points et les valeurs supérieures à 7 citées par VIEILLEFON nous paraissent surestimées.

C'est au niveau de l'ancienne mangrove à Avicennia + Sesuvium et du Tanne vif que la baisse du pH est la plus sensible. Elle ne peut s'expliquer que par la succession des années sèches qui a conduit à une aération prolongée des profils et donc à une oxydation partielle des sulfures.

b) TOBOR

Sous mangrove à Rhizophora mangle, le pH in "situ" est de 6,5 dans tout le profil. L'aménagement de cette mangrove en casiers rizicoles avec des canaux de drainage profonds a conduit à une oxydation brutale des sulfures. Le pH "in situ" dans le profil MT1 est inférieur à 3 en surface et à peine supérieur à 3 en profondeur dans des horizons qui conservent encore intactes les traces de la mangrove à Rhizophora.

En 1974 (Janvier et Mai) la surface du sol était recouverte d'une couche de 3 cm environ de sulfate d'Alumine.

c) GAMBIE

Dans les 2 profils, MG1 et MG2, le pH "in situ" est relativement homogène et de l'ordre de 6,5 en surface à 6,8 en profondeur, sauf en Mai 74 où la surface du profil MG1 a un pH acide de 4,8.

3.4.2. pH du sol sec et Acidité potentielle

L'acidité développée au cours du séchage des échantillons est appelée "Acidité potentielle" et l'intensité de cette acidité potentielle peut être définie comme la différence entre pH frais et le pH du sol sèche à l'air.

Sur la fig. 19, on peut observer que l'acidité potentielle à Balingore est très élevée sous mangrove à Rhizophora et dans les horizons de profondeur (à partir de 60cm) du tanne herbacé. Elle diminue ensuite dans les horizons profonds de la mangrove à Avicennia et du Tanne vif. Pour les horizons superficiels (0-50 cm) on constate, que sauf pour la mangrove à Rhizophora- l'acidité potentielle est très faible à nulle dans les 3 autres profils, et en particulier dans le Tanne vif.

A Balingore, le pH du sol sec est extrêmement acide, sous mangrove à Rhizophora et en profondeur, dans les autres profils. Il est proche et parfois inférieur à 2.

En surface, le pH voisin de 4 sous Avicennia et sous Tanne herbacé. Il est de même sous Avicennia en Gambie.

Dans l'ensemble, les sols de mangroves en Casamance et Gambie sont plus acides que ceux de l'Estuaire du Saloum.

A quoi attribuer cette acidification ? Nous avons vu, en étudiant la salinité des sols que les faibles valeurs du pH étaient liées aux fortes teneurs en sulfates dans l'extrait aqueux 1/5. Il est connu en effet, depuis longtemps que c'est l'oxydation des composés réduits du soufre qui est à l'origine de l'acidification des sols, "qui sont dits" potentiellement acides" et il a été démontré dans de nombreuses régions intertropicales que les sols sous Rhizophora subissent une acidification plus intense que les sols sous Avicennia.

D'après J. VIEILLEFON, "Au dessus d'une certaine concentration en SO_4^{--} qui se situe vers 25 meq/100 g on n'observe qu'une faible variation du pH et pour des pH inférieurs à 3 on ne peut être renseigné sur la quantité de sulfates effectivement produits par le séchage".

Pour VAN BREMMEN, la production d'acide liée à l'oxydation de la pyrite dépend essentiellement du sort du fer et le maximum de la production d'acide a lieu quand tout le fer est oxydé et hydrolysé en oxyde ferrique selon la réaction.



A cela, il faut ajouter le rôle de l'alcalinité dissoudre les processus d'échanges d'ions du complexe abondant, et la présence de minéraux altérables.

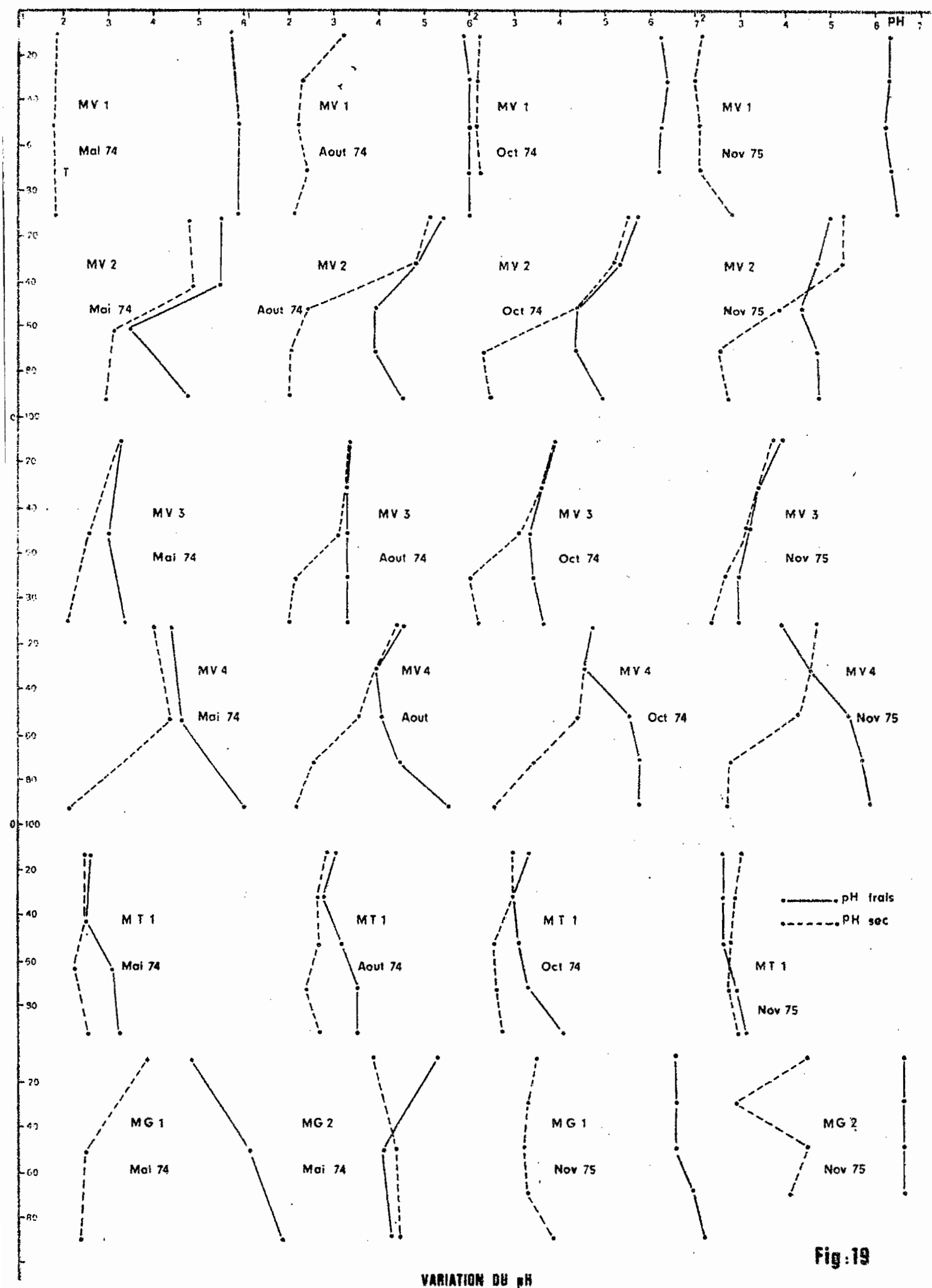


Fig. 19

VARIATION DU pH

Par ailleurs, VAN BREMMEN signale qu'au laboratoire, l'oxydation des sols de mangroves conduit à des pH plus bas que dans le cas d'oxydation de ces sols par drainage. La différence proviendrait du fait que 90 % des acides formés par oxydation au laboratoire sont éliminés ou neutralisés sur le terrain par, soit une incomplète oxydation, soit un lessivage par les eaux de pluie ou par les eaux d'inondation, soit par neutralisation par dissolution de carbonates, soit par décomposition du limon ou des minéraux sableux (feldspath, biotite...) ou encore par décomposition des minéraux argileux (surreclite, illite).

A cet effet, sur des échantillons prélevés avec N. VAN BREMMEN en Janvier 1974, le pH a été déterminé sur des échantillons rehumectés dans le rapport sol/eau = 1, pendant 2 mois. Voici les résultats concernant les sols de la séquence de Balingore et ceux de Tobor.

Ce tableau montre que sous mangrove à Rhizophora et dans les horizons profonds réduits des autres profils, la baisse du pH est régulière et considérable, et que dans les tannes le pH s'abaisse à des valeurs nettement inférieures à 2. Les pH les plus bas sont enregistrés à Tobor, en profondeur il descend à 1,3 - 1,4.

Pour les horizons superficiels, on constate que :

- sous Avicennia, comme dans les tannes, le pH ne s'abaisse pas ou très peu, l'amplitude étant inférieure à 0,5 unité pH.

Dans le Tanne herbacé, on note la présence d'un horizon intermédiaire situé immédiatement au dessus de l'horizon réduit, où le pH est plus élevé que dans les horizons supérieurs et de l'ordre de 5,1 à 5,3.

Cette expérience montre qu'au moins en surface, le pH a atteint son équilibre sous Avicennia et dans les tannes et que si besoin en était, dans le cadre d'un aménagement pour la riziculture, les sols des tannes sont récupérables, et peuvent subir une irrigation par l'eau douce, tandis que la mangrove à Rhizophora ne pourra que poser des problèmes et l'exemple de Tobor est, à cet égard, suffisamment convaincant puisqu'il montre qu'un aménagement de la mangrove à Rhizophora avec drainage profond a fait brutalement baisser le pH au point que toute la zone aménagée semble désormais irrémédiablement perdue pour l'agriculture.

3.5. Le soufre et les Composés soufrés.

Nous venons de voir l'importance du pH dans la caractérisation des sols de mangroves et en particulier le rôle des composés soufrés dans l'acidification des sols.

Au Sénégal, J. VIEILLEFON a étudié d'une manière détaillée le comportement géochimique du soufre dans la séquence de Balingore en Casamance.

Variation du pH

Echantil- lon	Profon- deur cm	18-1-74	7-2-74	22-2-74	9-3-74	23-3-74	13-4-74	30-4-74
Mangrove à Rhizophora MV1	20-34	6.51	4.7	3.9	3.6	3.2	2.5	2.4
	53-68	6.9	4.4	3.8	3.3	2.6	2.2	2.3
	84-110	6.8	4.8	4.3	3.8	3.3	2.3	2.3
Avicennia + Sesuvium MV2	0-10	5.3	5	5.1	5.1	5.1	5	5.3
	15-30	6.1	6.3	6.3	6.3	6.4	6.2	6.5
	27-40	6.1	6.3	6.4	6.3	6.3	6.3	6.5
	40-50	5.4	4.7	4.3	3.9	3.6	3.3	3.2
	50-55	5.3	3.4	2.8	2.5	2.1	1.8	2
	90-100	5.7	3.8	3.1	2.7	2.3	1.9	2
Tanne vif MV3	0-5	4.1	3.8	4	4	3.9	3.8	3.9
	5-20	3.7	3.4	3.6	3.6	3.5	3.4	3.5
	20-40	3.5	3.2	3.3	3.3	3.2	3.2	3.2
	40(56	3.5	3	2.9	2.6	2.3	2	2.1
	71-75	3.7	2.9	2.5	2.2	1.9	1.6	1.9
	84-100	4.1	2.6	2.3	2.1	1.7	1.6	1.5
Tanne herbacé MV4	0-5	5.4	4.9	4.8	4.8	4.8	4.7	4.7
	10-20	4.4	4.1	4.3	4.3	4.2	4.1	4.1
	22-29	4.2	4.2	4.3	4.3	4.2	4.2	4.2
	30-40	5.3	5.1	5.2	5.2	5.1	5.1	5.1
	50-60	5.8	3.8	3.3	2.9	2.7	2.3	2.2
	70-80	6.4	4	3.5	3	2.6	2.2	2.2
	90-100	7.2	4.5	3.5	2.9	2.5	2.2	2.2
Tobor		3.5	3.6	3.8	3.8	3.7	3.5	3.7
		3.3	3.3	3.5	3.5	3.4	3.4	3.4
		3.2	2.4	2.5	2.3	2	1.9	1.9
		3.15	2.3	2.2	2.1	1.9	1.8	2
		3.2	2.1	2.1	1.9	1.6	1.4	1.4
		3.3	2.1	2.1	1.9	1.6	1.4	1.5
		3.2	2	1.9	1.7	1.4	1.3	1.5

Le soufre est présent sous de multiples formes- étant organiques que minérales- dans les sols de mangroves et les méthodes de dosage de ces différentes formes sont extrêmement variées, selon la quantité à doser ou la forme du composé, (oxydée ou réduite), et font intervenir des méthodes d'extraction, variées, oxydantes ou réductrices, acides ou alcalines.

3.5.1. Techniques analytiques

J. VIEILLEFON avait utilisé les méthodes suivantes :

a) Soufre total : Méthode de CHAULRY et CORNFIELD basée sur l'extraction par un mélange nitrique-nitrate de potassium, le dosage des sulfates formés se faisant par gravimétrie ou turbidimétrie.

b) Sulfates dans la solution du sol : dosés soit par turbidimétrie (...), soit par complexométrie, tandis que les sulfates plus abondants, produits par le séchage des échantillons ont généralement été dosés par gravimétrie.

c) H₂S et sulfures solubles, déterminés sur l'échantillon frais par iodométrie, après attaque par HClN, à l'abri de l'air (GONI et Al.).

d) Soufre élémentaire : extraction par l'acétone et iodométrie (GONI et al.).

e) Sulfures insolubles et polysulfures : oxydation au four à 100° par un mélange oxyde tungstique, oxyde ferrique, oxyde cuivrique (GONI-PARENET), méthode qui intègre le soufre organique et le soufre des sulfates insolubles.

Par ailleurs, J. VIEILLEFON a utilisé les Rayons X pour doser la pyrite et la jarosite.

Avec l'acquisition en 1974 d'un Sulmographe par le Centre de DAKAR, nous avons adopté la méthodologie suivante: Les échantillons prélevés dans des flacons plastiques à double fermeture, sont immédiatement conservés au réfrigérateur. Sur ces échantillons frais, nous avons dosé la pyrite par extraction successive des composés non pyritiques avec Hcl concentré pendant 15 h puis de la pyrite elle même avec NO₃H concentré pendant 15 h. Le fer est dosé dans l'extrait de l'acide nitrique.

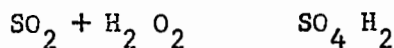
Les sulfures solubles et le soufre élémentaire ont été extraits et dosés avec les mêmes méthodes que celles de VIEILLEFON tandis que le residu insoluble a lui, été dosé au Sulmograph.

De même, le soufre total a été dosé sur l'échantillon séché à l'air, avec le Sulmograph dont voici le principe.

Le soufre est dosé par combustion de l'échantillon dans un courant d'oxygène à 1350°C



Le SO_2 provenant de la combustion du soufre est absorbé par une solution oxydante ($\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2$) dans laquelle CO_2 n'est pas retenu.



La concentration du soufre est déterminée par variation de la conductivité avant et après passage du SO_2 dans la cellule contenant la solution oxydante.

- Enfin, les sulfates insolubles et principalement la jarosite ont été dosés selon la méthode de N. VAN BREMMEN par extraction à chaud avec la carbonate de sodium et subidimétrie des sulfates.

3.5.2. Soufre total

Dans notre étude de "l'évolution des sols de l'Estuaire du Saloum" (Juillet 1975), nous avons déjà signalé que "les résultats obtenus pour le soufre total avec le sulmograph sont nettement plus élevés que ceux obtenus par les méthodes des chimiques classiques".

Les nombreux résultats que nous possédons à présent pour la Casamance ne font que confirmer ceux obtenus dans le Saloum.

a) : Dans sa thèse, J. VIEILLEFON signale "que le soufre total accuse une nette décroissance de la mangrove au tanne passant de 30 à 40 % dans la mangrove à Rhizophora à moins de 5 % dans les horizons supérieurs du profil/V (Avicennia + Sesuvium). Ensuite, on observe dans les horizons supérieurs du tanne, une remontée progressive, allant jusqu'à des teneurs supérieures à 20 %..."

Nos résultats montrent que le soufre total est de l'ordre de 70 à 80 % dans la mangrove à Rhizophora, et de 50 à 70 % dans les horizons réduits des 3 autres profils, le minimum étant, comme pour VIEILLEON, l'horizon de surface de la mangrove à Avicennia.

Dans le tanne vif, les horizons de surface ont une teneur en soufre total de l'ordre de 20 %.

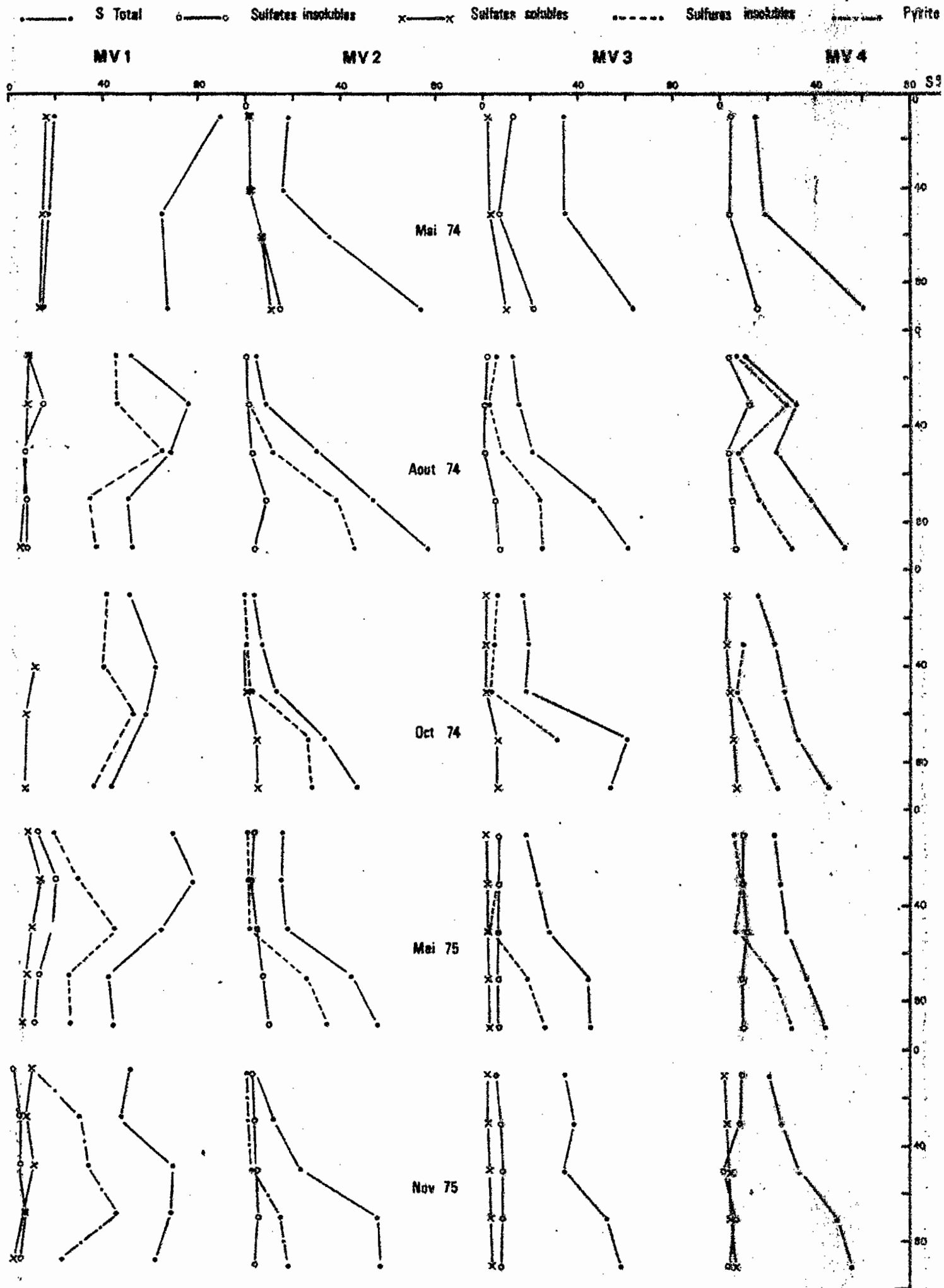
b) TOBOR

Cette zone a été cartographiée par J. VIEILLEFON comme contenant des sols peu pyriteux et peu organiques. Or, le profil MT2 sous Rhizophora mangle a une teneur en soufre total de 80 % et même dans la partie aménagée : MT1, le soufre total avoisine 40 - 50 %.

c) GAMBIE

Les teneurs en soufre total sont sensiblement identiques à ceux de Tobor et de l'ordre de 30 - 40 %.

VARIATIONS DU SOUFRE



TOBOR

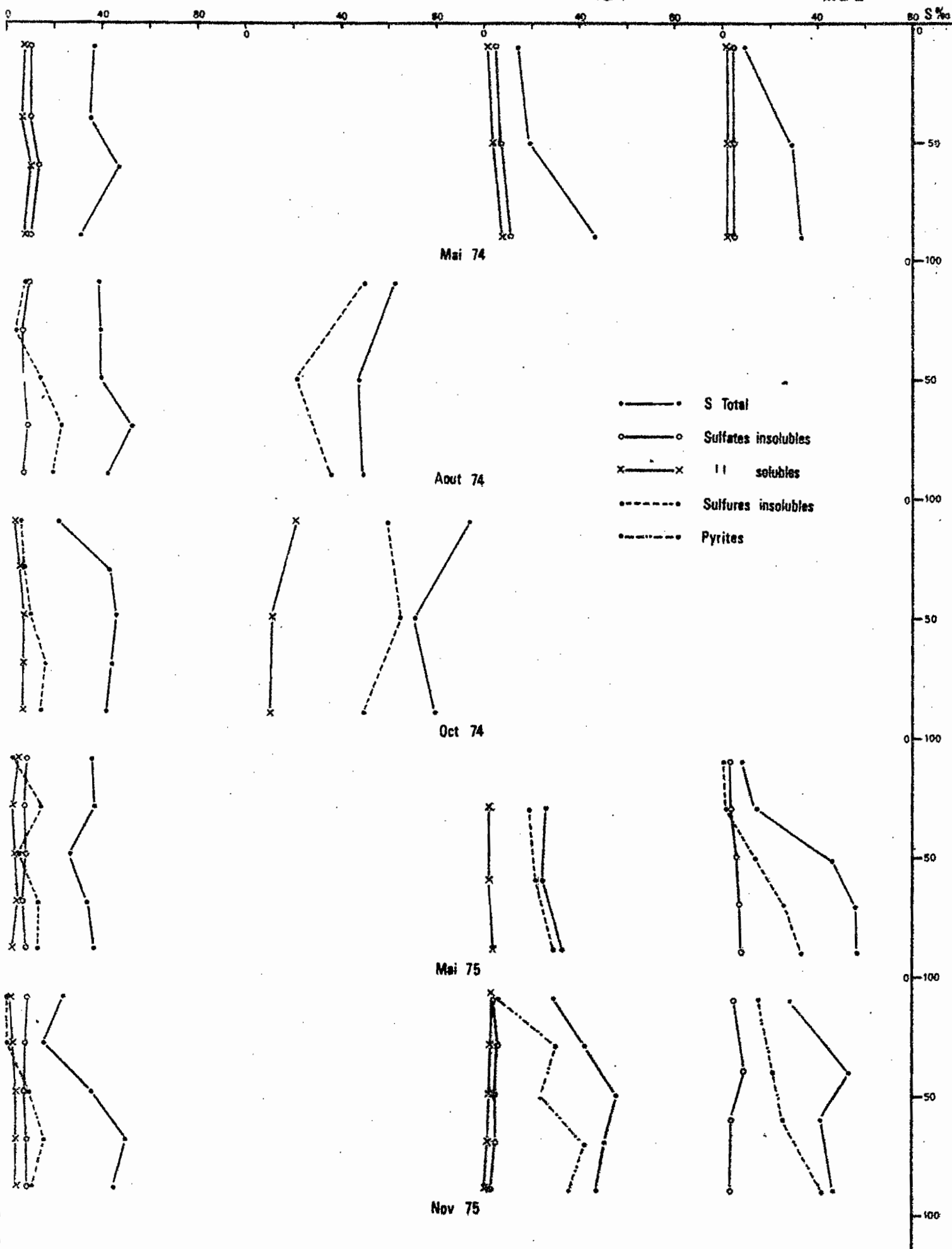
GAMBIE

MT 1

MT 2

MG 1

MG 2



Sur la fig 22 , nous avons porté les valeurs du pH de l'échantillon séché à l'air en fonction des teneurs en soufre total. Il apparaît très nettement que les pH acides correspondent aux teneurs en soufre les plus élevées.

2.5.3 Les Composés réduits solubles

Ce sont les formes aisément extractibles et oxydables tels que l'hydrogène sulfure, les monosulfures solubles extraits par Hcl ainsi que le soufre élémentaire.

De toutes ces formes, seul, le soufre élémentaire inférieurs à 1 ‰, dans la mangrove à Rhizophora et dans les horizons réduits des autres profils.

2.5.4 Sulfures insolubles

Dans la partie non attaquée par Hcl qui constitue le résidu insoluble, on distingue 2 fractions : l'une, qui est oxydée par séchage à l'air ou "soufre réduit oxydable" et l'autre, qui reste, sous forme réduite, après séchage ou "soufre réduit difficilement oxydable". Ce résidu insoluble intègre donc le soufre des sulfures et le soufre des sulfates insolubles et constitue la fraction la plus importante des composés du soufre. Depuis 1974, cette fraction est dosée au Sulfomograph et dans notre étude de l'Évolution des sols de l'Estuaire du Saloum, nous avons déjà signalé que, dans l'ensemble, les résultats provenant du traitement des échantillons au Sulfomograph étaient plus élevés que ceux obtenus par la méthode GONI-PARENT utilisée par J. VIEILLEFON.

Par ailleurs, on peut estimer que sous mangrove à Rhizophora et dans les horizons profonds des tannes, elle est principalement constituée par la pyrite, alors que dans les horizons supérieurs des profils des tannes, il s'agirait plutôt de sulfates insolubles et principalement du sulfate basique de fer, la jarosite, de formule $\text{KFe}_3 (\text{SO}_4)_2 (\text{OH})_6$ facilement identifiable par sa couleur jaune.

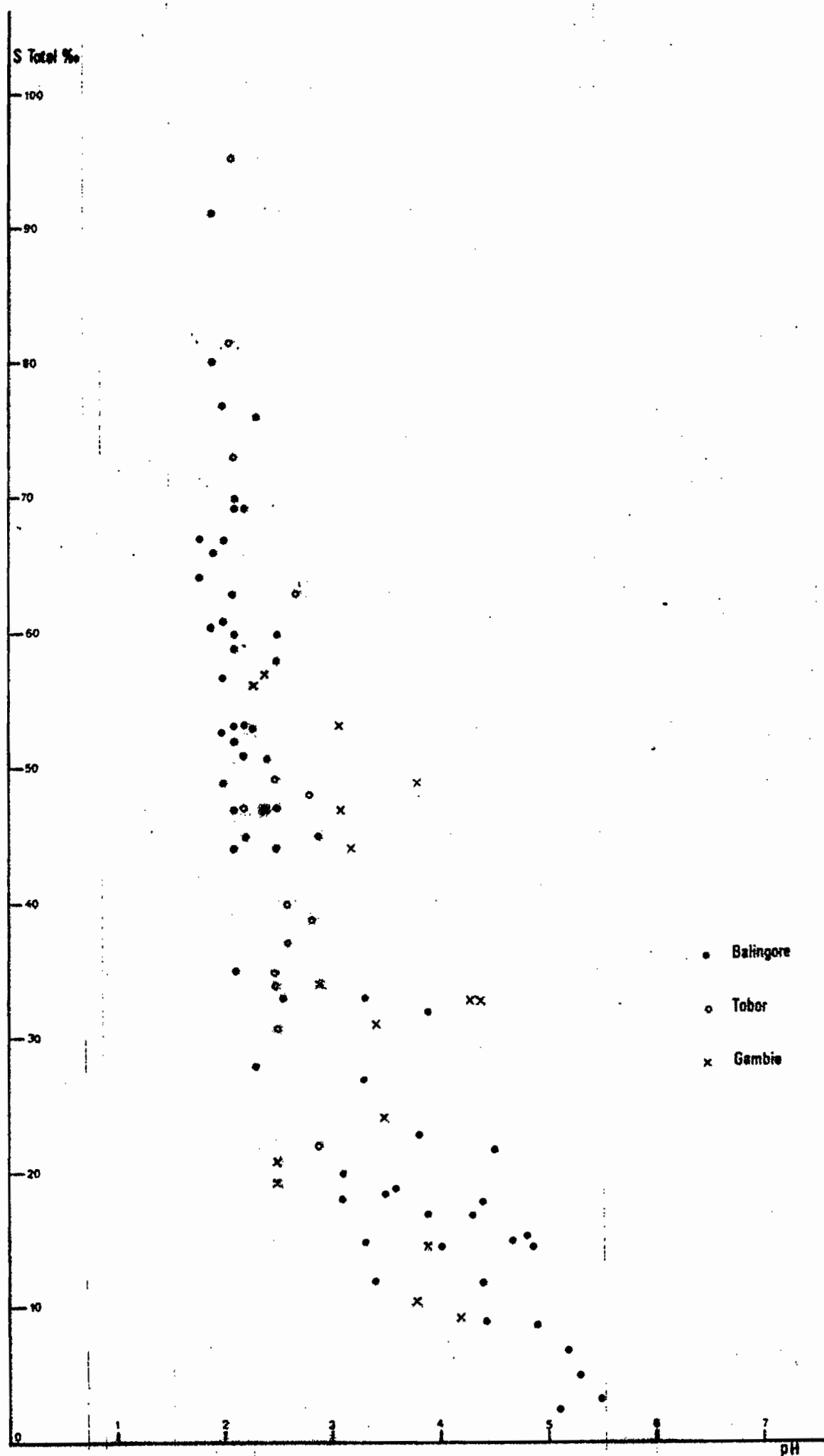
Dans sa thèse, J. VIEILLEFON signale que cette fraction représente 90 % du soufre total.

Or, comme pour les sols de l'Estuaire du Saloum, nous constatons que le résidu insoluble ne représente qu'environ 50 - 75 % du soufre total, dans la mangrove à Rhizophora et dans les horizons profonds du tanne et souvent moins de 50 % du soufre total dans les horizons supérieurs des tannes. Dans la mangrove à Rhizophora et les horizons profonds des tannes, les teneurs sont sensiblement égales et de l'ordre de 25 à 50 %, alors qu'en surface elle varie, comme le soufre total, avec un minimum sous mangrove à Avicennia.

a) Pyrite :

La pyrite des sols de mangroves provient essentiellement de la transformation des sulfates de l'eau de mer, sous l'influence de bactéries sulfato-réductrice. En effet, la

RELATION pH . SOUFRE TOTAL



mangrove- milieu anaérobie, riche en matières organiques (grâce en particulier aux racines de Rhizophora) et constamment alimentée en sulfates par l'eau de mer- remplit les conditions idéales pour le développement de la sulfate réduction bactérienne et de la mise en solution du fer. Les bactéries responsables de la sulfate-réduction sont de 2 genres : Desulfovibrio et desulfatomaculum et la production d'H₂S ou des ions S²⁻ est proportionnelle au nombre de bactéries sulfato-réductrices. Les ions S²⁻ formés réagissent avec le fer apporté par le sédiment. La réaction donnant la pyrite s'écrit :

$$\text{Fe} + \text{S}^{2-} \longrightarrow \text{pyrite}, \text{ dans laquelle FeS représente une ou plusieurs formes métastables des sulfures de fer.}$$

PONS distingue 3 types de pyrites :

- la pyrite primaire qui se trouve surtout dans la vase flottante et les dépôts très récents non fixés par la végétation.
- la pyrite secondaire qui s'accumule dans les sédiments fixés par la végétation- et principalement sous Rhizophora.
- la pyrite tertiaire qui se forme dans les sols évolués avec un horizon superficiel généralement tombeux.

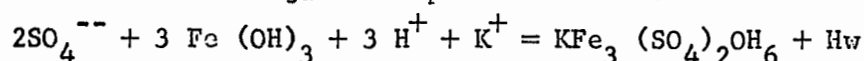
La pyrite a été dosé sur les échantillons prélevés en Mai et en Novembre 1975 selon la méthode des extractions successives par HClN puis par NO₃H. Les résultats indiquent que dans la mangrove à Rhizophora et plus particulièrement, en Gambie- le soufre de la pyrite constitue environ 60 - 70 % du soufre total et que de ce fait, il représente bien la majeure partie du résidu insoluble.

Par contre, dans les tannes et à TOBOR, la pyrite ne représente que 30 % environ du soufre total dans les horizons profonds et nettement moins de 10 % dans les horizons superficiels- où c'est la jarosite qui prédomine.

Par ailleurs, on pourra constater dans le tableau ci dessus que les résultats obtenus par notre méthode sont nettement plus élevés que ceux provenant des rayons.

b) Sulfates insolubles

Dans les conditions acides, le produit le plus important de l'oxydation de la pyrite est un sulfate basique de fer, du groupe de la jarosite, auquel, dans certaines conditions (présence initiale de CO₃Ca ou de minéraux riche en calcium...) est associé le gypse. La réaction de formation de la jarosite peut s'écrire :



Il existe au moins 3 variétés de jarosite.

- la jarosite K - la plus commune
- la natrojarosite $\text{Na Fe}_3 (\text{SO}_4)_2 \text{OH}_6$

S ‰ de la pyrite

Echantillon	Profondeur	Prélèvement de saison sèche		Prélèvement d'hivernage	
		J. VIEILLEFON	C. MARIUS	J. VIEILLEFON	C. MARIUS
I (VIEILLEFON) MV1 (MARIUS)	0-20	7.5	13	10.1	26-7
	20-40	17.6	22.3	8.2	32
	40-60	21.4	20.15	14.5	35.2
	60-80	13.8	14.7	12.2	48
	80-100	11.4	12.7		24
IV (VIEILLEFON) MV2 (MARIUS)	0-20	0	1.4	1.3	1.29
	20-40	0.5	1.2	2.4	1.96
	40-60	9.4	4	8.8	4.72
	60-80	18.6	15.15	12.9	17.44
	80-100	7.7	21.7	12.8	19.5
V (VIEILLEFON) MV3 (MARIUS)	0-20	0	0.8	0	1.6
	20-40	0	0.8	0	2.1
	40-60	5.7	1.8	0	2.6
	60-80	12.2	16.7	12.2	5.3
	80-100	12.8	23.5	13.6	18.07
VI (VIEILLEFON) MV4 (MARIUS)	0-20	0	1.1	0	1.6
	20-40	0	1.9	2.9	1.3
	40-60	0	5.8	5.9	6.6
	60-80	4	23.4	7.5	28.3
	80-100	6.9	29.5	8.5	24.2

Les résultats de VIEILLEFON sont extraits des tableaux VIII et IX de la thèse. Dans les deux cas, il s'agit d'échantillons non lyophilisés.

l'hydronium jarosite $H_3O Fe_3 (SO_4)_2 OH_6$

Dans l'Estuaire du Saloum, et le Delta du Sénégal, où règne un climat semi-aride à aride, la jarosite est fréquemment associée à du gypse en gros cristaux, qui provient généralement de la transformation de débris de coquilles calcaires.

Le dosage de la jarosite étant réalisé sur l'échantillon séché à l'air, il est évident que dans la mangrove et les horizons profonds des tannes, les résultats obtenus sont dûs en grande partie à l'oxydation d'une certaine fraction de la pyrite, alors que dans les horizons superficiels des tannes, il s'agit essentiellement de la jarosite. On constate d'ailleurs que dans ces horizons les teneurs en jarosite sont très supérieures à celles de la jarosite.

Enfin, nous signalons que, comme pour la pyrite, les résultats obtenus par la méthode de VAN BREMMEN sont nettement plus élevés que ceux provenant du dosage aux R.X. comme on pourra le constater dans le tableau ci-dessous.

Echantillon	Profondeur cm	S % - R.X.	S % VAN BREMMEN
MV1 · I	0-20	0	3.1
	20-40	1.4	7.1
	40-60	1.4	7
	60-80	1.4	9.9
	80-100	1.7	6.2
MV2 · IV	0-20	0	3.9
	20-40	0	4.7
	40-60	1.2	6.3
	60-80	1.5	7.9
	80-100		5.4
MV3 · V	0-20	1.5	5.7
	20-40	0.8	7.9
	40-60	0.4	8.2
	60-80	1.3	8.9
	80-100	1.6	7.8
MV4 VI	0-20	11.3	9.7
	20-40	14.4	8.8
	40-60	12.2	10.7
	60-80	1.4	6.3
	80-100	1.8	4.1

Les résultats de VIEILLEFON sont extrait du tableau XVI

2.5.5 Sulfates solubles produits par séchage à l'air

Cette forme de soufre qui correspond à celle qui est dans l'extrait 1/10 du sol séché à l'air provient principalement de la transformation et de l'oxydation des composés soufrés. Elle englobe donc les résultats de la solution du sol, les sulfures solubles et une fraction du résidu insoluble.

Les variations observées sont sensiblement identiques à celles du soufre total, c'est à dire que les teneurs diminuent progressivement de la mangrove au tanne, avec un minimum sous la mangrove à Avicennia. Il est remarquable de constater que, comme dans l'Estuaire du Saloum, cette fraction représente environ 20 % du soufre total dans la mangrove et les horizons réduits des tannes, et 10 % du soufre total dans les tannes.

2.5.6 Essai de Bilan des formes du soufre

D'après J. VIEILLEFON, le stock de soufre contenu dans les sols de mangroves peut se décomposer en 4 fractions :

S1 = composés oxydés solubles qui correspondent aux sulfates dosés dans la solution du sol

S2 = composés réduits solubles correspondant aux sulfures solubles et au soufre élémentaire

S3 = soufre réduit facilement oxydable

S4 = soufre réduit insoluble

Les analyses nous ont permis d'évaluer :

S2, l'ensemble S3 + S4 par dosage des sulfures et l'ensemble S1 + S2 + S3 par dosage sur l'extrait 1/10.

On constate que le stock de soufre total est relativement abondant dans tous les sols de mangroves de Casamance et de Gambie : les teneurs varient entre 5 et 10 %. La majeure partie de ce soufre est formée de composés insolubles - pyrite dans la mangrove et les horizons profonds des tannes, jarosite dans les horizons superficiels des tannes.

Par contre, les composés solubles ne constituent qu'une fraction minime du soufre total, les sulfates étant plus largement représentés que les sulfures.

Dans tous les cas, il est à noter que, comme pour les sols de l'Estuaire du Saloum la somme des différentes fractions est dans l'ensemble - sauf peut être pour la mangrove à Rhizophora - inférieure au soufre total.

2.6. Matière Organique

a) Carbone total:

Le Carbone organique a été dosé par voie sèche à l'aide du CARMMOGRAPH de WOSTHOFF dont voici le principe:

La matière organique d'un échantillon de terre est oxydée sous courant d'oxygène dans une enceinte portée à 1000°. L'anhydrique carbonique qui se dégage est recueilli dans une solution de soude N/25. La variation de conductivité de cette solution permet de connaître la quantité totale de carbone oxydée.

A la sortie du four de combustion, le courant gazeux passe dans un petit four contenant de l'oxyde de cuivre (oxydation du CO provenant de la combustion en CO₂).

A la sortie de ce four, de la laine d'argent et du iodure de potassium permettent d'absorber les halogènes.

Enfin, avant d'arriver dans la cellule contenant la soude diluée, le courant gazeux passe d'abord à travers un piège à perhydrite où le SO₂ formé au cours de la combustion est absorbé: ensuite à travers de la ponce sulfurique qui absorbe la vapeur d'eau.

Les résultats montrent que c'est dans la mangrove à Rhizophora que les teneurs en Carbone sont les plus élevées et de l'ordre de 10 %. Ces teneurs diminuent dans le tanne, où on observe une augmentation de la surface vers la profondeur, en atteignant cependant pas les valeurs de la mangrove à Rhizophora. La structure fibreuse, le pH acide, le rapport $\frac{C}{N}$ élevé proche de 30 et un milieu saturé d'eau acide permettent de définir les profils sous mangrove à Rhizophora et les horizons très profonds des tannes comme des tourbes oligotrophes. Dans l'Estuaire du Saloum, nous avons remarqué une bonne corrélation entre les teneurs en Carbone et Soufre total, au moins pour les horizons réduits et riches en matière organique. On constate, qu'il n'en est pas de même en ce qui concerne les mangroves de Casamance et de Gambie. En effet, nous avons vu que les teneurs en soufre total des horizons profonds- et réduits- des tannes étaient sensiblement identiques à celles des sols sous mangroves à Rhizophora. Par contre les teneurs en carbone des horizons profonds des tannes sont nettement plus faibles que celles des sols sous mangroves.

Dans sa thèse J. VIEILLEFON signale qu'il n'y a pas de liaison nette, dans la séquence, entre carbone organique et soufre total et que la meilleure corrélation a été obtenue entre la teneur en Carbone et la fraction oxydable en sulfates par séchage: S3. Par ailleurs, il a pu vérifier par l'utilisation de l'analyse des gaz en continu, mise au point par CHANTRET, couplée avec l'A.T.D, que les liaisons entre le soufre et

la matière organique interviennent au cours des processus d'oxydation, notamment au cours de la dégradation des pyrites qui précède l'oxydation véritable des produits formés".

b) Composés humiques

Sur une série de prélèvements, nous avons procédé au fractionnement des composés humiques et les résultats que nous présentons sont les premiers en ce qui concerne les sols de mangroves au Sénégal.

On constate que dans la mangrove à Rhizophora (MV1 et MG1), ainsi que les horizons profonds des tannes, le taux d'humification est faible- de l'ordre de 10 % à Balingore et inférieure à 10 % en Gambie. En effet, en milieu anaérobie, saturé d'eau acide, de façon permanente, l'activité biologique est faible à nulle, de sorte que la décomposition et l'humification de la matière organique sont très lente. Cette matière organique en fait, s'accumule en couches épaisses, constituées surtout de débris peu transformés: il s'agit d'une tourbe fibreuse du type fibrist.

Dès qu'on passe dans les tannes- milieux aérés- le taux d'humification augmente nettement en particulier dans le tanne herbacé, à Balingore- et à Tobor, où le taux d'humification est de l'ordre de 30 %, au moins dans les horizons superficiels. Mais dans tous les cas, l'humification est relativement faible, eu égard au milieu hydro-morphe, plus ou moins anaérobie et où l'activité biologique est ralentie. Il en résulte d'ailleurs, que cette humification abiologique- lente et incomplète- aboutit à des composés peu polymérisés et à une prédominance des acides fulviques sur les acides humiques. Le rapport $\frac{\text{Acides fulviques}}{\text{Acides humiques}}$ qui est de l'ordre de 2 à 2,5 dans la mangrove et les horizons profonds de tannes est très élevé dans les horizons jarositiques (8 - 12) en liaison avec la forte acidité du milieu.

2.7..La Silice.

C'est en Janvier 1974- soit après deux années de sécheresse consécutives- que nous avons observé, avec N. VAN BREMMEN, des cristallisations de silice dans les profils de tanne, à Balingore, ainsi que dans l'Estuaire du Saloum. Par la suite S. BODHISANE devrait en observer et décrire, dans une séquence de sols plus évolués, à Balingore. En Novembre 1976, le profil MV3 contenait entre 40 et 60 cm de nombreuses racines silicifiées. Des déterminations aux rayons X sur des échantillons prélevés en 1974 ont montré que les fragments de racines silicifiées, blancs et poudreux étaient formés d'opale-cristobalite associée à de la silice amorphe. La présence de racines silicifiées avait déjà été signalée par N. VAN BREMMEN dans des sols de polders de Hollande et dans un profil de sol de mangrove de Thaïlande, particulièrement salé et acide.

Les observations micromorphologiques ont par ailleurs montré la présence dans de nombreux profils, de frustules de diatomées sans doute, constituées de silice amorphe.

D'après N. VAN BREMMEN, les nappes dans les profils de sols de mangroves acides au Thaïlande, sont caractérisées par une concentration relativement élevée et constante de silice dissoute et dans les horizons où le pH est de l'ordre de 3,5 la solution de sol est généralement saturée de silice dissoute. A la suite d'expériences d'oxydation de sols de mangroves, menées au laboratoire N. VAN BREMMEN conclut que : d'une part, l'altération des silicates due à l'acidification provoque une augmentation de la silice dissoute, d'autre part, que la relative insensibilité de la silice dissoute à la dilution (ou lessivage) sous des conditions variées suggère qu'il existe une rapide interaction entre la silice solide (ou absorbée) et la silice dissoute.

CONCLUSIONS GENERALES

L'étude que nous venons de présenter à trait aux sols de mangroves de l'Estuaire de la Casamanke et en partie, à la Gambie. Elle a été réalisée en 1974 et 1975 à la fin d'un cycle de sécheresse particulièrement accentué. En effet, dans la région de Bignona la pluviométrie moyenne annuelle qui était de 1400 - 1500 mm, est tombée pour la période 1971 - 1975 à 1050 mm, avec 3 années particulièrement déficitaires : (1972 - 1973 et 1974). Plus que la hauteur d'eau tombée, c'est la contraction de la durée de la saison des pluies qui est à retenir. Elle n'a été en moyenne que de 3 mois accentuant, de ce fait, la durée de la saison sèche : 9 mois.

3 points d'étude ont été choisis; dont 2 en Casamance et une en Gambie. En Casamance, le suivi d'une séquence qui avait été déjà particulièrement bien étudiée par notre prédécesseur J. VIEILLEFON nous a permis d'utiles comparaisons.

Parmi les effets les plus marquants de la sécheresse, on retiendra :

1) la sursalure des cours d'eaux, des nappes et des sols avec pour conséquence la transformation de la végétation et en particulier, la disparition brutale de la mangrove à Rhizophora, dans tous les biefs amont des marigots ainsi que l'extension des tannes vifs au dépens des tannes herbacés.

2) la baisse quasi générale du pH des sols avec une acidité telle dans les tannes qu'on assiste à une dégradation des minéraux argileux avec précipitation de la silice amorphe.

3) la formation de gypse, minéral sulfaté caractéristique de régions plus arides.

En ce qui concerne l'aménagement de ces sols, on ne perdra pas de vue que les apports d'eau douce sont quasi-inexistants et qu'il ne faudra donc compter qu'avec les pluies. Dans cette perspective, les sols des tannes apparaissent comme les moins difficiles à mettre à valeur, du fait qu'ils ont atteint un certain équilibre en ce qui concerne l'acidité. Il ne resterait donc qu'à les dessaler.

Par contre, l'aménagement des sols des mangroves devra tenir compte des nombreux échecs enregistrés ces dernières années et dont l'exemple de Tobor est le plus spectaculaire.

Pour cela, on retiendra, en premier lieu, qu'à l'encontre des régions plus humides où la mangrove à Avicennia se développe sur des sols non pyritiques (Guyane, Guinée, Sierra-Léone...), au Sénégal, la mangrove à Avicennia est une formation secon-

daire remplaçant le Rhizophora. La plupart de ces sols sont très riches en sulfures- comparativement à d'autres sols de mangroves dans le monde- et tout projet d'aménagement devra pratiquement exclure un drainage profond, afin d'éviter un abaissement brutal et surtout irrémédiable du pH. On remarquera, en particulier, qu'en Gambie, la riziculture est pratiquée à plat, sur des sols de mangroves non poldérisés et possédant des caractéristiques très voisines de ceux de Casamance.

B I B L I O G R A P H I E

- BODHISANE, J : 1974 : Les sols hydromorphes et sols sulfatés acides de Basse-Casamance
Rapport de stage- ORSTOM DAKAR - dactylo.
- BREMMEN, N. VAN: 1976 : Genesis and solution chemistry of acid sulfate soils in Thailand.
Thèse - Pudoc - 263 pp.
- BRUNET - MORET, Y : 1970 : Etudes hydrologiques en Casamance-
Rapport définitif - ORSTOM.
- MARIUS, Cl: 1975 : Evolution des sols dans deux chronoséquences de l'Estuaire du saloum
ORSTOM - DAKAR - multigraph- 76 pp.
- KRUL, H.A. : 1976 : A micromorphological research, on some cat clay soils and potential cat clay soils in Senegal.
Inedit - WAGENINGEN-
- VIEILLEFON, J. 1974 : Contribution à l'étude de la pédogenèse dans le domaine pluvio-marine en climat tropical d'Afrique de l'Ouest.
Thèse - PARIS VI - CNRS - AO 9756 - 362 pp.
- VIEILLEFON, J. 1975 : Notice explicative n° 57 : Carte pédologique au 1/100.000° :
Basse Casamance.

A N N E X E

Tableaux de Résultats
Analytiques

Tableau I : Texture des sols en % du sol séché à l'air.

	Echan- tillon	Profondeur cm	Humidité 105°	Argile	Limon fin	Limon grossier	Sable fin	Sable grossier	Matière organique
B A L I N G O R E	MV 12	20 - 40	12	69,3	9,4	0,5	0,6	0,4	8
	MV 13	40 - 60	11,6	66,6	8,9	0,6	0,7	0,4	6,9
	MV 14	60 - 80	10,3	64,6	15,3	0,6	0,8	0,3	7,3
	MV 21	0 - 20	6,5	66	16,8	1,7	1,6	0,8	4
	MV 22	20 - 40	9	70,9	14,7	0,6	0,8	0,2	2,2
	MV 23	40 - 60	9,8	65,8	14,7	0,8	0,6	0,3	3
	MV 24	60 - 80	10,5	67,2	11,7	1,2	0,8	0,6	4,8
	MV 25	80 - 100	11,2	65,2	11,7	1	1	0,6	3,3
	MV 31	0 - 20	9,9	65	18,8	2,4	1,4	0,5	1
	MV 32	20 - 40	14,3	63	18	1,7	0,8	0,4	1,2
	MV 33	40 - 60	10	62	13,2	1,9	0,6	0,2	2,1
	MV 34	60 - 80	10,2	67,2	11,7	1,9	0,6	0,4	3,2
	MV 35	80 - 100	12,2	66,6	11,2	1,6	0,6	0,4	3,6
	MV 41	0 - 20	9,4	72,4	15,5	0,8	0,5	0,1	1,2
	MV 42	20 - 40	11,2	67,8	13,5	0,8	0,5	0,1	1,4
	MV 43	40 - 60	11	65,5	13,5	1,3	0,6	0,3	1,7
	MV 44	60 - 80	11,5	61	13,5	1,7	0,4	0,3	2,6
	MV 45	80 - 100	11,2	62,6	13,2	2	0,5	0,4	3,8
T O B O R	MT 11	0 - 20	10,6	40,3	18,8	13,1	4,8	3,5	5,7
	MT 12	20 - 40	12,3	50,1	17,8	6,8	2,7	4,2	3,5
	MT 13	40 - 60	13,6	51,4	18,5	6,1	3,3	2,5	2,9
	MT 14	60 - 80	12,7	56,6	14,7	5,9	1,6	0,8	2,9
	MT 15	80 - 100	10,8	58,8	13,2	8	2	0,9	1,8
G A M B I E	MG 11	0 - 20	10,1	63,9	16,3	0,7	0,6	0,6	12,1
	MG 12	40 - 60		65	17,8	0,2	0,4	0,6	8,5
	MG 13	80 - 100		67	21,4	0,6	0,8	1,7	2,1
	MG 21	0 - 20		58	11,7	0,4	5,7	16,8	1,1
	MG 22	40 - 60		59,6	16,3	0,6	0,3	0,5	1,7
	MG 23	80 - 100		60,4	20,4	2,9	0,3	0,2	2,1

Tableau II : Salinité des cours d'eau - en meq/l

Date	Echantillon	pH	C.E. micromhos	Cl	SO ₄	CO ₃ H	Ca	Mg	K	Na	Cl/SO ₄
30/08/1974	Casamance	6,8	52.450	456,3	48,4	1,2	17,2	90,8	7,5	380	9,43
	Tobor	3	20.850	165,3	24,9	-	8,6	33,8	2,9	144	6,6
	Balingore	5,7	6.800	58,8	7,3	0,2	6,8	8	1,2	50	8,05
	Gambie	7,4	580	3,7	0,4	0,6	0,6	0,6	0,2	2,8	9,25
28/10/1974	Casamance	7,6	36.200	338,3	34,3	1,7	20	56	5,2	274	9,9
	Tobor	7,5	5.750	52,9	5,1	1,2	5,6	10	0,4	44	10,3
	Balingore	5,5	6.000	52,1	8,6	0,2	8	7,2	1,1	44	6
	Gambie	7,4	220	1,1	2,6	0,7	2,4	-	0,1	1,1	
09/06/1975	Casamance	7,5	75.550	623,2	32,6	2,3	22	125,2	9,1	560	19,1
	Tobor	7,5	79.950	676,4	35,1	2,4	23,4	137	9,7	580	19,3
	Balingore	7,4	69.300	566	29,1	1,6	21,8	115,2	8,2	476	19,5
	Gambie	7,5	22.100	192,3	9,4	1,3	8,4	38,6	3,4	168	20,5
18/11/1975	Casamance	7,4	19.900	182,5	17,1	1,3	6	36	2,7	153	10,7
	Balingore	6,7	6.500	57,3	6	0,3	2,4	10,8	0,8	50	9,5
	Gambie	7,2	420	2,5	0,4	0,6	1	0,2	0,1	2,3	

Tableau III : Salinité des nappes - en meq/l

	Echantillon	pH	C. E. μ mhos	Cl	SO ₄	CO ₃ H	Ca	Mg	K	Na	A	C	Cl/SO ₄
15-05-1974	MV 1	2,7	94.250	860,3	91,7	-	32	180	11,9	690	952	913	9,4
	MV 2	3,9	115.500	1064,7	99,4	-	48	236	18	875	1164	1177	10,7
	MV 3	2,5	129.750	1171,9	99,4	-	40	270	17,5	950	1271,3	1277	11,8
	MV 4	4,8	129.750	1152,	100,3	-	48	332	21	940	1252,4	1341	11,5
	MG 1	7,6	62.750	543,6	78	6,5	34	140	6,8	440	628,1	620,8	6,9
	MG 2	2,9	206.500	1880	96	-	66	508	21	1440	1976	2035	19,5
	MT 1	1,9	160.250	1261,7	102	-	34	388	1,4	1090	1363,7	1513,4	12,3
30-08-1974	MV 1	5,7	6.800	58,8	7,3	0,2	6,8	8	1,2	50	66,3	66	8,05
	MV 2	4,2	48.800	418,6	52,7	-	26,4	76,8	6,8	354	471,3	464	7,9
	MV 3	2,7	134.850	1211	102,8	-	40,8	263,6	20	1020	1313,8	1344,4	11,8
	MV 4	6,2	9.450	78,9	10,7	0,3	4	18,4	1,6	69	89,9	93	7,3
	MT 1	3	20.850	165,3	24,9	-	8,6	33,8	2,9	144	190,2	189,3	6,6
28-10-1974	MV 1	7,1	54.200	473,6	49,7	1,8	21,6	92,4	6,8	398	525	518	9,5
	MV 2	6,9	27.400	234,8	20,6	0,8	12,8	44	33,8	212	256,2	272,6	11,4
	MV 3	2,4	142.300	1323,4	138,8	-	38,4	293,6	20	1075	1462,2	1427	9,5
	MV 4	5,1	40.100	344,3	42,9	0,2	26,4	71,2	4,6	292	387,4	394,2	8
	MT 1	2,8	42.800	348,3	48	-	24	64,8	5,3	296	396,3	390,1	7,2
09-06-1975	MV 1	6,7	79.950	682,3	36	0,5	24,6	146,4	9,3	600	718,8	780,3	19
	MV 2	2,9	106.750	962,3	60	-	37,6	222,2	16	850	1022,3	1125,8	16
	MV 3	2,5	142.850	1411,9	78	-	33,4	323	19	1220	1489,9	1595,4	18,1
	MG 1	7,9	29.700	279	8,6	17,1	12,8	64	3,6	231	304,7	311,4	32,4
	MG 2	7,1	102.000	1114,2	81,4	1,7	45,8	305,2	15	940	1197,3	1306	13,7
	MT 1	7,5	79.950	676,4	35,1	2,4	23,4	137	9,7	580	713,9	750	19,3
	MV 1	7,1	9.550	84,3	7,7	0,6	9,6	11,6	1,1	73	92,6	95,3	11
	MV 2	6,9	22.600	205	18,9	0,7	8	37	2,7	164	224,6	211,7	10,9
	MV 3	2,3	130.500	1455	159	-	36,4	345	17	1130	1614	1528,4	9,15
	MV 4	6,2	22.900	205	23,6	0,1	7,2	45	2,5	159	228,7	213,7	8,7
	MG 1	7,5	1.550	12	1,7	1	2	2,5	0,2	11	14,7	15,7	
	MG 2	7,9	25.900	240	9	15,9	14,4	50	2,7	183	264,9	250,1	20,7
	MT 1	2,6	42.300	342,5	59,6	-	36	75	4,2	276	402,1	391,2	5,7

Tableau IV - Mai 1974 - Balingore

Echantillon	MV 11	MV 12	MV 13	MV 21	MV 22	MV 23	MV 24	MV 31	MV 32	MV 33	MV 41	MV 42	MV 43
Profondeur - cm	0-20	40-60	80-100	0-20	30-50	50-70	80-100	0-20	40-60	80-100	0-20	40-60	80-100
pH frais	5,7	5,9	5,9	5,5	5,5	3,5	4,8	3,3	3	3,4	4,3	4,6	6
pH sec 1/1	1,9	1,8	1,8	4,8	4,9	2,1	2	3,3	2,6	2,1	4	4,4	2,1
C ‰	120	59,2	52,8	47,2	31,2	45,2	29,2	8,5	15,6	19,3	12,7	17,7	21,7
N ‰	3,6	1,79	1,64	1,98	1,43	1,41	1,16	0,55	0,68	0,85	0,47	0,64	0,92
C/N	33,2	33,1	32,2	23,8	21,8	32,1	25,2	15,5	22,9	22,7	27	27,7	23,6

Extrait aqueux 1/10 - Sels solubles

Ca meq/l	4,2	7,6	5,2	2,2	1,8	7,2	4,4	2,5	3,8	4	1,4	2,6	4
Mg "	45,3	30,4	33,2	11	10,1	28	30,4	21	26	36	9,7	16,8	14,4
K "	0,05	0,05	0,04	1,55	1,4	0,42	0,05	1,8	1,3	0,18	0,9	1,2	0,06
Na "	152	104	95	63	60	112	104	104	117	134	46	70	104
Cl "	161,2	98,7	90,4	66,1	66,8	62,7	104,6	113,4	129	143,7	47,6	75,4	99,7
SO ₄ "	108	94,3	94,3	8,6	10,3	42,9	73,7	12	17,1	53,1	8,6	13,7	78,8
C.E. μ mhos	20290	15010	13900	7340	7000	13900	14460	12230	13900	16960	5670	8450	14730
pH	2,7	2,8	2,9	6	5,9	3,1	2,9	4,3	3,6	3	5,1	5,3	3
Cl/SO ₄	1,5	1	0,95	7,7	6,5	1,46	1,3	9,5	7,5	2,7	5,5	5,5	1,3

Composés soufrés en S ‰ du sol séché à l'air

Sulfates solubles	17,3	15,1	15,1	1,4	1,6	6,9	11,8	1,9	2	8,5	1,4	2,2	12,6
Sulfates insolubles	19,8	17,2	14,5	1,1	1,2	7,5	14,3	12	6,7	10,5	3,7	3,1	14,9
Soufre total	89	64	67	17,7	15,5	35	67	33,6	33,2	51,5	14,6	18,2	60

Tableau IV - Mai 1974 - Tobor - Gambie

Echantillon	MT 11	MT 12	MT 13	MT 14	MG 11	MG 12	MG 13	MG 21	MG 22	MG 23
Profondeur - cm	0-20	30-50	50-70	80-100	0-20	40-60	80-100	0-20	40-60	80-100
pH frais	2,6	2,5	3,1	3,2	4,8	6,1	6,8	6,2	6,4	4,2
pH sec 1/1	2,5	2,5	2,2	2,5	3,9	2,5	2,4	3,8	4,3	4,4

Matière Organique

C ‰	48,4	30,4	20,8	16,1	70,4	49,2	70,4	6,2	10	12,2
N ‰	1,92	1,23	1,05	0,94	4	2,26	2,79	0,41	0,67	0,74
C/N	25,2	24,7	19,8	17,1	17,6	21,8	25,2	15,1	14,9	15,4

Extrait aqueux 1/10 - Sels solubles

Ca meq/l	22	18	18	16	3,8	7,4	11,4	12,2	3,9	5,1
Mg "	52	30	36	40	13,9	24,6	41,4	10,9	43,7	54,1
K "	0,7	0,4	0,03	0,05	1,4	0,7	0,08	1,1	2,2	2,6
Na "	200	120	130	140	71	76	84	66	160	196
Cl "	202,9	133,7	128,9	142,2	70	71,6	83,3	62,5	188,6	230,6
SO ₄ "	65,1	46,3	72	61,7	15,4	36	61,7	10,3	24	29,1
Conductivité μ mhos	28850	18450	21700	21050	8230	9785	12230	7230	18350	21680
pH	3,1	3	2,7	2,9	5,4	3,4	3,2	4,6	5,8	5,5
Cl/SO ₄	3,1	2,9	1,8	2,3	4,5	2	1,35	6	7,9	7,9

Composés soufrés - en S ‰ du sol séché

Sulfates solubles	10,4	7,4	11,5	9,9	2,4	5,75	9,87	1,73	3,84	4,64
Sulfates insolubles	8,8	10,2	13,6	11,1	4,1	7,5	11,2	4,1	5,4	5,1
Soufre total	37,3	35	47,3	31,5	14,2	19,3	47,2	10,4	33	33

Tableau V - 30 Août 1974 - Balingore -

Echantillon	MV 11	MV 12	MV 13	MV 14	MV 15	MV 21	MV 22	MV 23	MV 24	MV 25	MV 31	MV 32	MV 33	MV 34	MV 35
Profondeur - cm	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100
pH frais	5,9	6	6	6	6	5,4	4,8	3,9	3,9	4,5	3,4	3,3	3,3	3,5	3,6
pH sec 1/1	3,2	2,3	2,2	2,4	2,1	5,1	4,8	2,4	2	2	3,4	3,3	3,1	2,1	2

Matière Organique

C %	153,6	73,2	63,6	61,2	66	34,4	21,2	35,6	51,6	36,4	15,2	20	26,4	32	38,4
N %	5,45	2,1	1,94	1,87	1,81	1,56	1,12	1,42	1,58	1,32	0,54	0,72	0,93	1,27	1,34
C/N	28,2	34,2	32,8	32,7	36,5	22,1	18,9	25,1	32,7	27,6	28,1	27,8	20,8	25,2	28,7

Extrait aqueux 1/10 - Sels solubles

Ca meq/l	29,6	6,8			6,4	2,4	3,2	6,8	6	6	2,8	3,4	4,4	4,8	5
Mg "	30,4	32			32,4	1,6	9	24,8	34,4	33,8	8,8	17,4	26,8	33,2	35
K "	0,6	0,7			0,8	0,8	1,5	1,3	1,2	0,8	1,1	1,7	2,1	1,3	1
Na "	78	102			100	25	58	104	123	123	50	84	123	130	132
Cl "	82,8	107,4			97,4	23,1	60,3	112,8	124,8	134,7	52,4	94,9	138,2	130,2	133,2
SO ₄ "	54,9	56,6			48,9	5,2	8,6	26,6		42,9	6,9	11,1	16,3	34,3	36
C.E. Amhos	12750	16270			15050	2980	7410	14370	18750	18750	6480	10820	15980	19140	19140
pH	3,3	2,5			2,7	6	5,5	3	2,6	2,6	3,9	3,9	3,6	2,7	2,7
Cl/SO ₄	1,5	1,05			2	4,4	7	4,2		3,1	7,6	8,5	8,5	3,8	3,7

Composés soufrés - en S % du sol séché

S. élémentaire	0,81	0,97	2,34	1,55	1,07	0,05	0,1	0,4	0,74	0,6	0,05	0,06	0,19	0,36	0,56
Sulfures solubles	46,6	46,3	66,3	34,1	38,4	0,7	1	11,3	39,4	46,1	2,1	0,5	1,6	23,8	25,2
Sulfates insolubles	8	13,1	6	8	8	-	0,9	2,9	9,6	4	5,9	2	8,5	5,3	7,5
Sulfates solubles	8,8	9			7,8	0,8	1,4	4,2	2,2	6,9	1,1	1,7	2,6	5,5	5,7
Soufre total	60	76	68	51	52,8	3,3	8,6	29,6	52,8	77,2	12,1	14,9	20,5	47,2	60,8

Tableau V - 30 Août 1974 - Balingore (Tanne herbacé) - Tobor

Echantillon	MV 41	MV 42	MV 43	MV 44	MV 45	MT 11	MT 12	MT 13	MT 14	MT 15	MT 21	MT 22	MT 23
Profondeur - cm	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100	0-20	40-60	80-100
pH frais	4,5	3,9	4	4,4	5,5	3	2,7	3,1	3,4	3,4	6,3	6,4	6,5
pH sec 1/1	4,4	3,9	3,5	2,5	2,1	2,8	2,6	2,6	2,3	2,6	2,7	2,8	2,5

Matière Organique

C %	12	14,4	18,4	24,8	37,	44,8	25,6	24,8	22,8	22	79,6	46	43,6
N %	0,72	0,69	0,89	0,98	1,2	1,99	1,24	1,36	1,2	1,3	3,3	2,09	1,95
C/N	16,7	20,9	22,2	25,3	30,8	22,5	20,6	18,3	19	17,9	23,9	22	22,4

Extrait aqueux 1/10 - Sels solubles

Ca meq/l	3,2	3,6	3,6	5	5,2								
Mg "	12,4	24	27,2	29,4	36								
K "	0,9	1,3	1,4	0,6	0,1								
Na "	46	88	96	93	104								
Cl "	50	102,4	105,9	96,9	109,8								
SO ₄ "	11,1	15,4	18	31,7	54								
C.E. μ mhos	6270	11450	12750	12940	15980								
pH	4,9	4,2	4	2,9	2,6								
Cl/SO ₄	4,5	6,6	5,9	3,06	2,03								

Composés soufrés - en S % du sol séché

S. élémentaire	0,04	0,06	0,19	0,36	0,56	0,47	1,31	0,99	0,99	0,58	1,93	0,98	1,44
Sulfures insolubles	6,6	13,2	7,8	16,3	30,2	8,5	4,2	14,8	23,8	19,9	50,2	32,7	37,9
Sulfates insolubles	3,3	13,1	3,3	4,5	5,3	10,3	7,6	8,2	10,3	8,4	10,1	6,1	
Sulfates solubles	1,7	2,45	2,9	5	8,6								
Soufre total	9,2	33,4	22,8	29,3	52	38,4	40,2	40	53,6	43,4	62,8	48	51,2

Tableau VI - Octobre 1974 - Balingore

Echantillon	MV 11	MV 12	MV 13	MV 21	MV 22	MV 23	MV 24	MV 25	MV 31	MV 32	MV 33	MV 34	MV 35
Profondeur - cm	20-40	50-70	80-100	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100
pH frais	6,4	6,2	6,2	5,7	5,3	4,4	4,3	4,9	3,9	3,6	3,3	3,4	3,6
pH sec 1/1	2,1	2,1	2,2	5,5	5,2	4,4	2,3	2,5	3,9	3,6	3,1	1,9	2,2

Matière Organique

C %	46,2	40,2	42,2	23,4	13	17,4	27,8	19	5,7	7,1	12,3	18,5	20,6
N %	1,92	1,7	1,74	1,39	1,03	1,1	1,45	1,09	0,4	0,41	0,75	0,93	1,01
C/N	24,1	23,5	24,2	16,8	12,6	15,7	19,2	17,4	14,2	17,3	16,4	16,9	20,4

Extrait aqueux 1/10 - Sels solubles

Ca meq/l	10,8	8	10,6	1,6	1,6	6,4	8,4	8,8	3,2	4,8	8,8	6	6
Mg "	29,2	29,8	27	2,6	6,8	11,4	28,4	24,4	11,2	11,6	24	31,6	31,2
K "	0,9	1	1	0,6	1,1	1,6	1,4	1,2	1,2	1,4	2	1,3	1,2
Na "	100	93	97	18	40	68	124	95	60	74	120	117	127
Cl "	101,8	97,8	97,8	46,3	40,7	72,9	127,8	94,6	65,9	80,3	141,9	125,8	126
SO ₄ "	69,4	56,6	50,6	5,1	7,7	12	35,1	31,7	4,3	8,6	17,1	36,9	36,9
C.E. / mhos	15750	15330	14800	2030	5080	8840	16660	13700	7890	9490	16360	17750	18100
pH	2,5	2,5	2,7	3,7	5,7	4,8	2,7	2,9	4,1	3,9	3,4	2,6	2,7
Cl/SO ₄	1,5	1,7	1,9	3,2	5,3	6,1	3,6	3	15,3	9,3	8,3	3,7	3,4

Composés soufrés - en S % du sol séché

Sulfures insolubles	41,5	53,7	36,8	1,1	1,1	3,3	27,9	29,5	5,9	5,2	2,7	30,6	35,9
Sulfates solubles	11,1	9,06	8,1	0,8	1,2	1,9	5,6	5,07	0,7	1,4	2,7	5,9	5,9
Soufre total	63,2	58,8	44,7	3,6	7,4	12	32,7	47	17,4	19,6	18,2	60,3	53

Tableau VI - Octobre 1974 - Balingore - (tanne herbacé) - Tobor

Echantillon	MV 41	MV 42	MV 43	MV 44	MV 45	MT 11	MT 12	MT 13	MT 14	MT 15	MT 21	MT 22	MT 23
Profondeur - cm	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100	0-20	40-60	80-100
pH frais	4,7	4,5	5,5	5,7	6	3,2	2,9	3	3,2	4	6,5	6,5	6,5
pH sec	4,7	4,5	4,4	3,4	2,5	2,9	2,9	2,4	2,5	2,6	2,1	2,1	2,1

Matière Organique

C %	6,9	7,9	9,9	15,1	22,2	33	20,3	17	17	10,6	60,5	47,5	59,5
N %	0,58	0,61	0,82	0,88	1,03	1,71	0,88	1,14	1,09	0,97	0,59	0,45	0,49
C/N	11,9	12,9	12,1	17,2	21,5	19,3	23,1	14,9	15,6	10,9	102,5	105,6	121,4

Extrait aqueux 1/10 - Sels solubles

Ca meq/l	2,8	4,8	6,4	9,2	9,2	8	4,8	6	8,4	7,6	11,6	12	10,4
Mg "	10,8	22,4	28,8	30,8	38	21	40	36	38	41	40,2	30,8	31,2
K "	0,8	1,3	1,5	1,5	0,8	0,9	0,7	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1
Na "	44	91	98	114	125	75	124	116	132	122	112	96	93
Cl "	44,7	114,7	95,6	112,7	145,9	87,5	153,9	155,9	144,9	132,8	105,6	94,6	92,6
SO ₄ "	12,9	17,1	26,6	28,3	42,9	23,1	43,7	43,7	56,6	48	137,1	76,3	76,3
C.E. / μ mhos	5770	11990	13120	15150	17750	10560	17520	17300	19470	18100	19750	15870	15870
pH	4,7	4,8	4,4	3,7	2,9	3,1	3,1	2,8	2,9	3,1	2,3	2,5	2,4
Cl/SO ₄	3,5	6,7	3,6	4	3,4	3,8	3,5	3,5	2,5	2,7	0,7	1,2	1,2

Composés soufrés - en S % du sol séché

Sulfures insolubles		10,6	6,3	14,6	23	7,5	9,5	11,5	17,8	16,3	60,3	67,5	51,5
Sulfates solubles	2,1	2,7	4,2	4,5	6,5	3,7	7	7	9	7,7	21,9	12,2	12,2
Soufre total	14,9	21,8	25,8	31,2	44,3	22	45	47	45	43	95	72,5	81,7

Tableau VII - Juin 1975 - Balingore

Echantillon	MV 11	MV 12	MV 13	MV 14	MV 15	MV 21	MV 22	MV 23	MV 24	MV 25
Profondeur - cm	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100
pH sec 1/1	2,6	1,9	1,9	1,9	2,2	4,3	4,4	2,4	2,1	2

Matière Organique

C %	178	46,4	34,4	43,6	33,6	27,2	25,2	32,8	31,2	27,6
N %	4,12	2,49	1,9	2,05	1,87	2,14	0,87	1,02	1	0,96
C/N	43,2	18,6	18,1	21,3	18	12,7	29	32,2	31,2	28

Extrait aqueux - Sels solubles

Ca meq/l	12	6,8	2,4	6	5,8	4,6	2,2	3,8	3,8	4,2
Mg "	63,2	40,6	33	37,6	33,2	25	14,6	26,6	28,2	33
K "	2,4	0,1	0,1	0,5	0,6	2,6	1,7	1,8	1,3	0,6
Na "	218	112	72	100	89	84	64	92	95	106
Cl "	245	120	75	107,5	95	105	78	107,5	117,5	125
SO ₄ "	59,1	93,4	77,1	60	42,9	13,7	10,3	24	26,6	36
C.E. μ mhos	28800	17800	13500	15600	13100	11800	8700	13400	13700	15600
pH	3,3	2,4	2,4	2,6	2,9	5,1	5,4	3,1	2,9	2,8
Cl/SO ₄	4,1	1,3	0,95	1,8	2	7,6	7,5	4,4	4,4	3,45

Composés soufrés en S %

S. élémentaire	-	-	-	0,27	0,9	0,05	0,06	0,08	0,5	0,4
Sulfures Insolubles	19,6	30,1	46,4	26,1	26,7	1,9	3,3	2,8	26,8	35,9
Pyrite	13	22,3	20,15	18,1	12,7	1,4	1,2	4	15,1	21,7
Sulfates insolubles	5,9	21,2	17,2	14,7	9,2	3,2	2,2	6,1	8,5	11,3
Sulfates solubles	9,4	14,9	12,3	9,6	6,8	2,2	1,6	3,8	4,2	5,7
Soufre totale	69,5	79,5	65,5	43	45,5	17	16,5	18	46,2	56,7

Tableau VII - Juin 1975 - Balingore

Echantillon	MV 31	MV 32	MV 33	MV 34	MV 35	MV 41	MV 42	MV 43	MV 44	MV 45
Profondeur - cm	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100
pH sec 1/1	3,5	3,2	3,3	2,1	2,2	3,8	3,7	2,7	2,3	2,2

Matière Organique

C %	8	10,4	24,4	30,8	26	14	13,2	23,6	31,6	39,6
N %	0,41	0,47	0,59	0,93	0,87	0,52	0,52	0,73	0,94	1,03
C/N	19,5	22,1	41,4	33,1	29,9	26,9	25,4	32,3	33,6	38,4

Extrait aqueux - Sels solubles

Ca meq/l	3,2	2,2	2,8	4	3	1,8	2,2	2,8	3,4	4
Mg "	22,6	23,6	34,4	33,6	35,2	19,8	22,6	26	31,6	35,6
K "	1,7	2	2	1,6	2	1,3	1,3	1	0,5	0,4
Na "	84	92	112	118	112	72	84	84	89	95
Cl "	115	110	145	145	145	84,8	100	100	107,5	112,5
SO ₄ "	15,4	12	21,4	27,4	25,7	12	13,7	18,9	32,6	37,7
C.E. / mhos	11800	12100	15900	16500	16500	9500	11300	12100	13500	14300
pH	4,2	4	3,1	2,8	3	4,5	4,3	3,4	3,8	2,9
Cl/SO ₄	7,5	9,1	6,8	5,3	5,6	7	7,3	5,3	3,3	3

Composés soufrés en S %

S. élémentaire	0,129	0,04	0,16	0,38	0,5	0,04	0,05	0,21	0,47	0,45
Sulfures insolubles	7,11	6,3	2,04	19,05	26,25	4,70	8,95	6,5	33,1	30,7
Pyrite	0,8	0,8	1,8	16,7	23,5	1,1	1,9	5,8	29,4	29,5
Sulfates insolubles	7,38	2,54	5,74	7,4	7,09	8,96	8,95	12,6	8,7	10
Sulfates solubles	2,46	1,92	3,4	4,38	4,11	1,9	2,2	3	5,2	6
Soufre total	18,2	23,6	27,3	44	44,8	22,2	24,6	27,7	36	43,5

Tableau VII - Juin 1975 - Gambie - Tobor

Echantillon	MG 11	MG 12	MG 13	MG 14	MG 21	MG 22	MG 23	MG 24	MG 25	MT 11	MT 12	MT 13	MT 14	MT 15
Profondeur - cm	0-15	30-50	60-80	100-120	0-15	20-40	50-70	80-100	100-120	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100
pH sec 1/1	4,4	2,5	3,5	2,9	4,2	4,5	3,1	2,4	2,3	2,6	2,7	2,5	2,3	2,7

Matière Organique

C %	96	85	67,2	76	44	23,2	34	28	26,4	41,2	24,8	18,8	21,2	20
N %	4,51	3,52	2,65	3	1,92	0,8	1,22	1,03	1	1,42	1,18	1,03	1,16	1,09
C/N	21,3	24,1	25,4	25,3	22,9	29	27,9	27,2	26,4	29	21	18,3	18,3	18,3

Extrait aqueux 1/10 - Sels solubles

Ca meq/l	3	8,6	4,6	6,8	3	3,4	6	6,8	5,2	5,2	3,4	3,6	4,2	3,8
Mg "	19,8	24	23,2	27,2	18,2	21,2	42,4	44,6	47,8	66	33,4	39	43,6	39,2
K "	1,8	0,3	1,6	1,4	1,8	2	2,1	1,4	0,9	1,1	0,6	0,4	0,3	1,3
Na "	66	38	44	50	61	75	112	118	118	162	103	118	118	100
Cl "	78	36,5	50,8	57,5	78	90	140	147,5	147,5	210	125	140	150	117,5
SO ₄ "	16,3		27,4	34,3	13,7	18	31,7	36,9	38,6	39,4	27,4	36,9	43,7	35,1
C.E. μ mhos	9100	7000	7200	8400	9100	10900	16300	16900	17300	22900	14300	16000	16900	14300
pH	5,8	3,2	5,4	3,8	5,5	5,1	3,4	3,2	3,2	3,2	3,2	3,1	3	3,4
Cl/SO ₄	4,8		1,8	1,7	5,7	5	4,4	4	3,8	5,3	4,5	3,8	3,4	3,3

Composés soufrés - en S % du sol séché

S. élémentaire	0,147	0,44	0,18	0,34	0,05	0,7	0,22	0,5	0,32	0,4	0,74	1,2	0,37	0,08
Sulfures insolubles	1,8	26,76	25,76	31,17	1,34	4,7	17,4	34,8	34,1	4,55	18,08	7,27	15,47	15,34
Pyrite	1,7	20,9	23,5	23,9	1,2	3,1	15,4	26,6	32,7	0,87	1,33	3,07	11,4	15,3
Sulfates insolubles	3,5	10,7	5,95	7,3	2,5	3,6	7,9	9,1	9,1	10,2	9,7	9,3	9,9	9,3
Sulfates solubles	2,6	6,8	4,4	5,5	2,2	2,8	5	5,9	6,1	6,3	4,38	5,9	7	5,6
Soufre total	12,6	20,5	24	34	9	15,5	47	57,5	56	37,1	38,5	28	36,3	38,5

Tableau VIII - Novembre 1975 - Balingore

Echantillon	MV 11	MV 12	MV 13	MV 14	MV 15	MV 21	MV 22	MV 23	MV 24	MV 25
Profondeur - cm	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100
pH frais	6,3	6,3	6,2	6,3	6,4	4,9	4,7	4,3	4,7	4,7
pH sec 1/1	2,1	2	2,1	2,1	2,8	5,3	5,2	3,8	2,5	2,7

Matière organique

C %	129,5	78,5	86,5	72,5	69,5	27,6	18,4	27,6	46	26,8
N %	3,17	2,02	1,97	1,97	1,8	1,32	1,07	1,22	1,3	1,07
C/N	40,9	38,9	43,9	36,8	38,6	20,9	17,2	22,6	35,4	25

Extrait aqueux 1/10 - Sels solubles

Ca meq/l	9,1	6,3	9	7,5	7	0,1	1,4	4	5,5	5
Mg "	23	22	30,5	30,5	29,5	0,8	8	17,5	26,5	26
K "	0,2	0,5	0,3	0,6	2,1	0,4	1,1	1,9	1,4	1,7
Na "	30	58	104	107	106	13,6	48	84	102	96
Cl "	23,2	57,4	106,3	114,2	112,2	12,3	50,6	92,9	107,2	103,3
SO ₄ "	74,6	57,9	79,7	59,6	35,6	4,7	8,6	16,7	30,4	27
C.E. / μ mhos	7150	11300	16700	16350	15150	1700	5950	11200	15150	14300
pH	2,5	2,6	2,4	2,5	3,2	5,2	5,4	4	2,9	3,1
Cl/SO ₄	0,3	1	1,3	1,9	3,1	2,6	5,9	5,5	3,5	3,8

Composés soufrés en S % du sol séché

Pyrite	26,70	32	35,21	48	24	1,29	1,96	4,72	17,44	19,44
Sulfates insolubles	3,1	7,14	7,03	9,9	6,21	3,9	4,71	6,29	7,96	5,40
Sulfates solubles	11,94	9,26	12,75	9,54	5,70	0,75	1,38	2,67	4,86	4,32
Soufre total	52	49,2	70,8	68,8	63,2	4,8	12,8	23,6	58	60

Tableau VIII - Novembre 1975 - Balingore

Echantillon	MV 31	MV 32	MV 33	MV 34	MV 35	MV 41	MV 42	MV 43	MV 44	MV 45
Profondeur - cm	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100
pH frais	3,9	3,4	3,1	2,9	2,9	4,9	4,5	5,3	5,6	5,8
pH sec 1/1	3,7	3,4	3,1	2,6	2,3	4,6	4,5	4,2	2,7	2,7

Matière Organique

C %	8,8	10,4	16	28,2	28,8	8,4	11,6	16,8	24	23,8
N %	0,57	0,57	0,80	1,02	1,07	0,62	0,6	0,87	0,95	0,97
C/N	15,4	18,2	20	27,6	26,9	13,5	19,3	19,3	25,3	24,5

Extrait aqueux 1/10 - Sels solubles

Ca meq/l	3	3	4,5	4,5	4,5	1,6	3	3	6	7
Mg "	22	30,5	32,5	33	35	12	23	24,5	30,5	37
K "	1,4	2	2,4	2,1	2,1	0,7	1,2	1,6	1	1,3
Na "	82	111	133	127	133	48	84	93	101	113
Cl "	100,3	136	152,9	146	151,9	49,1	94,3	104,3	114,2	125,1
SO ₄ "	15	18,4	20,1	25,3	29,6	12,9	17,1	21	33,4	36
C.E. μ mhos	11200	15650	17500	17200	18800	6100	11200	12300	14300	15850
pH	4,1	3,8	3,6	3,1	2,9	5	4,9	4,7	3,1	3,3
Cl/SO ₄	6,7	7,4	7,6	5,7	5,1	3,8	5,5	5	3,4	3,5

Composés soufrés en S % du sol séché

Pyrite	1,63	2,11	2,67	5,28	18,07	1,61	1,36	6,6	28,30	24,18
Sulfates insolubles	5,72	7,93	8,21	8,97	7,87	9,71	8,86	10,7	6,34	4,10
Sulfates solubles	2,40	2,94	3,22	4,05	4,74	2,06	2,74	3,36	5,34	5,76
Soufre total	35,2	39,2	34,4	53,6	58,4	20,4	25,6	32,8	49,6	55,6

Tableau VIII - Novembre 1975 - Gambie - Tobor

Echantillon	MG 11	MG 12	MG 13	MG 14	MG 15	MG 21	MG 22	MG 23	MG 24	MT 11	MT 12	MT 13	MT 14	MT 15
Profondeur - cm	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100	0-20	30-50	60-80	80-100	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100
pH frais	6,5	6,5	6,5	6,9	7,1	6,5	6,5	6,5	6,5	2,5	2,5	2,5	2,8	3
pH sec 1/1	3,4	3,2	3,1	3,2	3,8	4,4	2,8	4,4	4	2,5	2,5	2,5	2,6	2,8

Matière organique

C %	129,5	69,5	43,6	38,8	26,8	136,5	100,5	63,5	62,5	53,2	34,8	22	20,8	20,4
N %	3,7	2,32	1,67	1,45	1,25	4,12	3,57	2,62	2,22	1,8	1,4	1,2	1,2	1,02
C/N	35	30	26,1	26,8	21,4	33,1	28,2	24,2	28,2	29,6	24,9	18,3	17,3	20

Extrait aqueux 1/10 - Sels solubles

Ca meq/l	7,7	6,5	5,2	4,7	3,6	4	7,2	2,8	3,2	2,3	3,5	5	4,5	4,3
Mg "	17,5	15	14	14,7	13	14	25,2	14,5	15,5	15	36	42	40	39
K "	0,7	1,2	1,2	1,2	1,3	1,1	0,9	1,3	1,3	0,9	0,7	0,6	0,6	0,5
Na "	18	30	32	34	32	30	40	42	32	54	100	120	112	110
Cl "	11,2	29,1	31,2	33,3	34,2	28,3	49,3	43,3	43,9	64,8	111,2	149,	141	125,1
SO ₄ "	34,3	30,4	26,6	25,7	19,7	22,3	42	18,4	20,1	14,6	35,1	44,1	43,7	40,7
C.E. / mhos	3750	5350	5450	6100	5900	5450	8950	6800	6800	8950	19000	21900	21350	17900
pH	3,9	3,8	3,8	3,9	4,7	5,7	3,2	5	4,7	3,2	3,1	2,9	3	3,2
Cl/SO ₄	0,3	0,9	1,2	1,3	1,7	1,3	1,2	2,3	2,2	4,4	3,2	3,4	3,2	3,1

Composés soufrés - en S % du sol séché

Pyrite	8,41	32,2	25,08	44,82	38,42	17,16	22,61	27,56	43,17	1,19	1,75	11,2	18,47	13,04
Sulfates insolubles	5,44	7,91	6,84	7,3	5,46	5,62	11,9	5,38	5,66	10,97	10,34	10,28	10,78	10,86
Sulfates solubles	5,49	4,86	4,26	4,11	3,15	3,57	6,72	2,94	3,22	2,34	5,62	7,06	6,99	6,51
Soufre total	31,4	34,9	53	52,5	49	28,9	55,5	41,7	48,7	25,2	18,5	38,6	52,2	47,2

Tableau IX - Fractionnement des composés humiques.

- 79 -

Echantillon	MV 11	MV 12	MV 13	MV 14	MV 15	MV 21	MV 22	MV 23	MV 24	MV 25
Profondeur - cm	0/20	20/40	40/60	60/80	80/100	0/20	20/40	40/60	60/80	80/100
Fraction légère %	24,2	4,86	4,03	2,88	2,91	2,49	1,02	1,9	2,08	1,06
C% Ac. Humique	4,62	2,44	2,05	2,09	1,91	0,93	0,64	2,64	2,11	1,17
C% Ac. Fulviques	11,16	4,62	5,27	4,9	4,7	2,42	2,70	2,28	2,82	2,76
Mat. Hum. totales	15,78	7,06	7,32	6,99	6,61	3,35	3,34	4,92	4,93	3,93
AF/AH	2,4	1,9	2,6	2,3	2,5	2,6	4,2	0,9	1,3	2,4
C% total	153,6	73,2	63,6	61,2	66	34,4	21,2	35,6	51,6	36,4
Humification	10,3	9,6	11,5	11,4	10	9,7	15,8	13,8	9,6	10,8
Echantillon	MV 31	MV 32	MV 33	MV 34	MV 35	MV 41	MV 42	MV 43	MV 44	MV 45
Profondeur - cm	0/20	20/40	40/60	60/80	80/100	0/20	20/40	40/60	60/80	80/100
Fraction légère %	0,33	0,52	0,38	1,02	1,37	0,25	0,13	0,48	0,25	0,88
C% Ac. Humiques	0,19	0,31	2,58	1,74	1,20	0,31	0,91	3,17	1,83	1,25
C% Ac. Fulviques	1,52	2,45	3,65	4,32	4,35	3,78	3,28	3,55	3,21	3,41
Mat. Hum. totales	1,71	2,76	6,23	6,06	5,35	4,09	4,19	6,72	5,04	4,66
AF/AH	8	7,9	1,4	2,5	3,6	12,2	3,6	1,1	1,8	2,7
C% total	15,2	20	26,4	32	38,4	12	14,4	18,4	24,8	37
Humification	11,3	13,8	23,6	18,9	14,5	34,1	29,1	36,5	20,3	12,6
Echantillon	MT 11	MT 12	MT 13	MT 14	MT 15	MG 21	MG 22	MG 23	MG 24	MG 25
Profondeur - cm	0/20	20/40	40/60	60/80	80/100	0/15	20/40	50/70	80/100	100/120
Fraction légère %	2,5	1,41	2,27	0,79	0,84	2,45	3,2	1,42	3,41	0,88
C% Ac. Humiques	7,19	3,05	0,86	0,75	0,82	1,11	2,44	1,10	0,85	1
C% Ac. Fulviques	6,51	4,35	4,15	3,40	4,29	2,05	3,65	2,58	3,22	2,99
Mat. Hum. totales	13,7	7,4	5,01	4,15	5,11	3,16	6,09	3,68	4,07	3,93
AF/AH	0,9	1,4	4,8	4,5	5,2	1,84	1,49	2,34	3,78	2,93
C% total	44,8	25,6	24,8	22,8	22	44	23,2	34	28	26,4
Humification	30,6	28,9	20,2	18,2	23,2	7,2	26,3	10,8	14,5	14,9